

Ville Systä

Päällys- ja pintarakenteiden laatuvaatimukset lentoasema-alueella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusinsinööri AMK

Rakennustekniikka

Insinöörityö

16.1.2018

<p>Tekijä(t) Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Ville Systä Päällys- ja pintarakenteiden laatuvaatimukset lentoasema-alueella</p> <p>50 sivua + 34 liitettä 16.1.2018</p>
Tutkinto	Rakennusinsinööri AMK
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Infratekniikka
Ohjaaja(t)	<p>Lehtori Anu Ilander Laatupäällikkö Carita Salminen</p>
<p>Opinnäytetyön tilaajana toimi Destia Oy, joka toteuttaa HKI-Vantaan lentoaseman infratyöt asematason allianssiurakassa. Tämän insinööritöiden tavoitteena oli selvittää päällys- ja pintarakenteiden laatuvaatimuksia lentosema-alueella. Urakan laatuvaatimukset perustuvat pitkälti InfraRYL 2010 vaatimuksiin ja asfalttipäällysteiden osalta Finavian omaan dokumenttiin laatuvaatimuksista jota täydentää Asfalttinormit.</p> <p>Työn aikana perehdyttiin yleisiin päällysrakenteiden laatuvaatimuksiin, jonka jälkeen tutkittiin lentoasema-alueen vastaavia vaatimuksia. Työssä tehtiin myös vertailua tien ja lentoasema-alueen päällysrakenteiden laatuvaatimusten eroavaisuuksista. Lentoasemalla käytetään erilaisia joustavia asfalttipäällysteitä ja jäykkiä betonipintaisia rakenteita. Allianssiurakassa rakennetaan päällysrakenteita kokonaan uusiksi ja korjataan vanhoja rakenteita.</p> <p>Päällysrakenteet lentoasema-alueella rakennetaan samoilla periaatteilla kuin tierakentamisessa, mutta kiviaineksen ominaisuuksilla ja kantavuusvaatimuksilla on lentoaseman päällysrakenteessa merkittävämpi rooli.</p> <p>Betonisten pintarakenteiden osalta vaaditaan jokaiselta osa-alueelta parasta luokkaa, jotta betonilta vaaditut erityisominaisuudet on mahdollista saavuttaa. Lisäksi monet betonilaattojen totetukseen liittyvät haasteet lentoasemalla tuovat lisävaikeutta laatuvaatimusten täyttymiselle.</p> <p>Työn tuloksena syntyi selvitys lentoasema-alueen päällys- ja pintarakenteiden laatuvaatimuksista, jonka avulla Destia Oy pystyy hyödyntämään sitä jatkossa allianssiurakan laadunvarmistuksessa sekä tulevaisuudessa muilla lentoasema-alueella tehtävissä infrahankkeissa.</p>	
Avainsanat	Päällysrakenne, laatuvaatimukset, laadunvarmistus

Author (s) Title Number of pages Date	<p>Ville Systä Quality requirements for tarmac and concrete structures in the airport area</p> <p>50 pages + 34 appendices 16.1.2018</p>
Degree	Bachelor of engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specilisation option	Infraconstruction Engineering
Instructor(s)	Anu Ilander, Senior Lecturer, Metropolia AMK Carita Salminen, Quality manager, Destia Ltd
<p>This thesis was ordered by Destia Ltd, who is the main contractor of infrastructural works in the HKI-Vantaa airport Asemataso project. The purpose of this thesis was to research quality requirements for pavement structures and concrete surfaces in the airport area. The quality requirements of the contract are mostly based on the requirements of InfraRYL 2010 and for the tarmac pavements, Finavia`s own quality document on tarmac completed by Asfalttinformit. General and airport areas quality requirements was explored during the work and regular road pavement structure was compared to a airport area similar to find differences between them.</p> <p>Pavement structures in the airport area are built with same principles as on road, but the features of rock and bearing capacity requirements are playing a more significant role. Various flexible asphalt pavements and rigid concrete surfaces are used in the airport area. Pavement structures are completely rebuilt and old pavement structures being repaired in the Asemataso project.</p> <p>If the specific features on concrete surfaces are wanted to achieve, every category on concretes quality must be top class on standards. Also many challenges related to concrete surfaces on airport area are creating more difficulty to achieve high quality requirements.</p> <p>A solution of airport area`s pavement and concrete structures was made as a result of this thesis. Destia Ltd is able to utilize thesis information in asemataso projects quality management and in the future on other infrastructural building projects on airport area.</p>	
Keywords	Pavement structure, quality requirements, quality management

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Allianssiurakka	1
1.2	Työn tavoitteet ja toteutus	2
2	Päällysrakenteet	3
2.1	Päällysrakenteen mitoitus	3
2.2	Suodatinkerrokset	4
2.3	Jakavat kerrokset	4
2.3.1	Jakava kerros luonnonsorasta	6
2.3.2	Jakava kerros murskeesta ja suurirakeisesta murskeesta	6
2.3.3	Jakavan kerroksen laadunvarmistus	6
2.4	Kantavat kerrokset	9
2.4.1	Sitomaton kantava kerros	10
2.4.2	Kantavan kerroksen asfalttibetoni (ABK)	11
2.4.3	Kantavan kerroksen laadunvarmistus	12
2.5	Asfalttipäällysteet	14
2.5.1	Kiviaineksen geometriset vaatimukset	16
2.5.2	Kiviaineksen mekaaniset ja fysikaaliset vaatimukset	17
2.5.3	Kiviaineksen kemialliset vaatimukset	17
2.5.4	Asfaltin fillerikiviaineksen laatuvaatimukset	18
2.6	Asfaltin sideaineet	19
2.7	Asfalttimassan laatuvaatimukset	20
2.8	Valmiin asfalttipäällysteen laatuvaatimukset	21
3	Päällysrakenteet HKI-Vantaa lentoasema-alueella	25
3.1	Asematason allianssin päällysrakenteet	28
3.2	Laadunvarmistus	29
3.3	Asfaltin laatuvaatimukset allianssihankkeessa	32
4	Betonipäällysteiset rakenteet lentoasema-alueella	36
4.1	Betonilaattojen toteutus	38
4.2	Betonilaattojen laadunvarmistus	42
5	Tien ja lentokenttä-alueen päällysrakenteiden vertailu	44

Liitteet

Liite 1. Jakavan rakennekerroksen käytettävän luonnonsoran rakeisuusvaatimukset

Liite 2. Jakavan kerroksen murskeiden tyyppirakeisuuden sallittu vaihteluväli

Liite 3. Jakavan kerroksen murskeiden yksittäisten rakeisuustulosten vaihteluväli

Liite 4. Tiivistyskoneiden jyräyskertojen ohje

Liite 5. ABK 22 rakeisuuden ohjealue

Liite 6. Kiviaineksen yleisten rakeisuusvaatimusten ilmoittamisessa käytettävät ohjeseulat

Liite 7. Karkean kiviaineksen yleiset rakeisuusvaatimukset

Liite 8. Karkean ja hienon kiviaineksen hienoainespitoisuuden luokat

Liite 9. Kiviainesyhdistelmän litteysluvun laskemishoje

Liite 10. Polymeerimodifioidun bitumin laatuvaatimukset

Liite 11. Bitumiliuosten laatuvaatimukset

Liite 12. Bitumiemulsoiden laatuvaatimukset

Liite 13. Asfalttimassojen kulumisluokkataulukko

Liite 14. Tiivistettyjen asfalttimassojen jako deformaatioluokkiin

Liite 15. Asfalttimassojen vedenkestävyysvaatimukset

Liite 16. Rakeisuuden ja sideainepitoisuuden sallitut poikkeamat asfalttimassan tuotannonaikaisessa laadunvalvonnassa

Liite 17. Massan lämpötilarajat asfalttiasemalla

Liite 18. Tieltä otettujen massanäytteiden sideainepitoisuuden ja rakeisuuden sallittut poikkeamat

Liite 19. Sallittu tyhjätila ajoradalla

Liite 20. Uuden päällysteen kitkavaatimukset

Liite 21. Uuden päällysteen tasaisuusvaatimukset

Liite 22. Suurin sallittu epätasaisuus pituus- ja poikkisuunnassa 3 m oikolaudalla

Liite 23. Uuden päällysteen sivu- ja viettokaltevyyden vaatimukset

Liite 24. Poranäytteiden kulumiskestävydet

Liite 25. Tieltä porattujen näytteiden deformaatioluokat

Liite 26. Allianssiurakan murskeiden rakeisuuskäyrä

Liite 27. Sideaineen laatuvaatimukset

Liite 28. AB 20 suhteituksen tavoitekäyrä

Liite 29. ABS 20 suhteutuksen tavoitekäyrä

Liite 30. ABK 25 suhteutuksen tavoitekäyrä

Liite 31. Suhteutusohjeet lentoasemalla käytettävään asfalttimassaan

Liite 32. Rosteriputkien laatuvaatimukset

Liite 33. Puristuslujuuden tunnistusehdot

Liite 34. Pohjamaan kantavuusluokat

Lyhenteet ja termit

AB	Asfalttibetoni, yleinen tien päällyste
ABK	Kantavan kerroksen asfalttibetoni
ABS	Sidekerroksen asfalttibetoni
Asemataso	Lentokentän alue sisältäen rullaustiet ja konepaikat, missä lentokoneet liikkuvat tankkausta, huoltoa ja pysäköintiä varten
FOD	Vierasesine, joka voi vahingoittaa lentokoneen moottoria (<i>Foreign Object Damage</i>)
KaM	Kalliomurske, kalliosta irrotetun louheen murskauksesta saatu kiviaines
KBAB	Kumibitumiasfalttibetoni
KKL	Kuormituskertaluku eli standardikselin ylityskertojen lukumäärä, joka lasketaan 20 vuoden ajalta
KVL	Keskimääräinen vuorokausiliikenne tarkoittaa koko vuoden liikennemäärien summaa jaettuna vuoden päivien lukumäärällä
Marshall flow-vaatimus	Marshall-kokeen mukainen kokoon puristuma (flow) on koekappaleen läpimittojen erotus mitattuna puristuksen alkuhetkestä maksimivoiman saavuttamishetkeen
Max. kuivatilavuuspaino	Proctor-kokeella suoritettu mittausta, jossa maa-aines pistetään sylinteriin ja tiivistetään sitä vesipitoisuutta vaihdellen, jotta löydetään optimivesipitoisuus ja suurin kuivatilavuuspaino

Optimivesipitoisuus	Vesipitoisuus, jossa maalaji tietyllä vakiolla tiivistystyömäärällä saavuttaa maksimikuivairtiheyden
PTM-auto	Päällysteiden pituussuuntaisen tasaisuuden mittaaminen palvelutasomittarilla
Rapautuminen	Kivilajien tai mineraalien mekaaninen, kemiallinen tai biologinen muuttuminen löyhäksi, irtaimeksi ainekseksi
Tavoitekantavuus	Päällysrakenteen mitoituksessa asetettava kantavuus, joka kuvaa rakenteen jäykkyyttä. Mitoitus perustuu liikennemääriin, pohjamaan kantavuuteen ja rakennekerrosten paksuuteen
Tiiviysaste	Rakenteen kuivairtiheyden suhteen vertaaminen Proctor-kokeella mitattuun maa-aineksen maksimi kuivairtiheyteen, joka on mahdollista saavuttaa tietyllä vesipitoisuudella

1 Johdanto

1.1 Allianssiurakka

Asematason allianssiprojekti on hanke, joka lähti liikkeelle Finavia Oyj:n tarpeesta kehittää ja laajentaa Helsinki-Vantaan lentokenttää. Noin 900 miljoonan euron arvoisen investoinnin tavoitteena on muun muassa kasvattaa matkustajamääriä sekä lisätä lentokoneiden laajarunkokonepaikkojen määrää. Investointiohjelman tarkoituksena on ensisijaisesti vahvistaa Helsinki-Vantaan asemaa vaihtoliikenteessä Euroopan ja Aasian välillä. [1.]

Allianssimallilla toteutettava Helsinki-Vantaan asematason laajennusurakka alkoi elokuussa 2015. Allianssissa hankkeen tilaaja, suunnittelijat ja urakoitsijat vastaavat suunnittelusta ja rakentamisesta yhteisellä allianssiorganisaatiolla. Allianssimallin pääperiaatteita ovat yhteinen sopimus ja organisaatio, luottamus, avoimuus, sitoutuminen ja osapuolten välinen tiivis yhteistyö. [2.]

Hankkeen tilaaja on asettanut allianssille erittäin korkealuokkaiset tavoitteet: korkeatasoinen työnaikainen turvallisuus, lentoliikenteen turvallisuus ei häiriinny, lentoaseman palvelutaso säilyy projektin aikana, rakennettavat kohteet otetaan käyttöön sovitussa aikataulussa ja rakentamisen toteutus on kustannustehokasta. Lisäksi suunnittelun ja rakentamisen laadun odotetaan olevan erinomaista ja luovutukset virheettömiä. [2.]

Opinnäytetyön tilaajana toimiva Destia Oy, on infra-alan yritys joka toteuttaa hankkeen infrarakennustyöt asematason alueella. Asematason allianssiurakka sisältää monia eri työvaiheita, muun muassa maaleikkauksia, louhintaa, massanvaihtoja, päällysrakenteiden tekoa, betonilaattoja, betonirakenteet rullaustiesillassa ja matkustajasiltojen perustuksissa, vesihuoltolinjojen putkitöitä, sähköjärjestelmien töitä ja yli miljoona neliometriä asfalttipäällysteitä. [2.]

1.2 Työn tavoitteet ja toteutus

Tässä työssä käsitellään lentoasema-alueella käytettävien päällyys- ja pintarakenteiden laatuvaatimuksia sekä niiden laadunvarmistusta. Myös yleisiä päällysrakenteiden laatuvaatimuksia tutkitaan laajasti työn tukena. Allianssiurakan laatuvaatimukset perustuvat suurilta osin InfraRYL:in ja Asfalttinormien laatuvaatimuksiin päällysrakenteille. Edellämainittujen ohjeiden perusteella laadittu työselostus ja tilaajan omat dokumentit ovat täydentäviä ohjeita urakan laatuvaatimuksille ja niitä käytetään ensisijaisesti. Tutkimusaineistona työssä käytetään alan kirjallisuutta, omaa sekä muiden projektissa työskentelevien kokemusta asematason allianssista ja allianssinhankkeen dokumentteja.

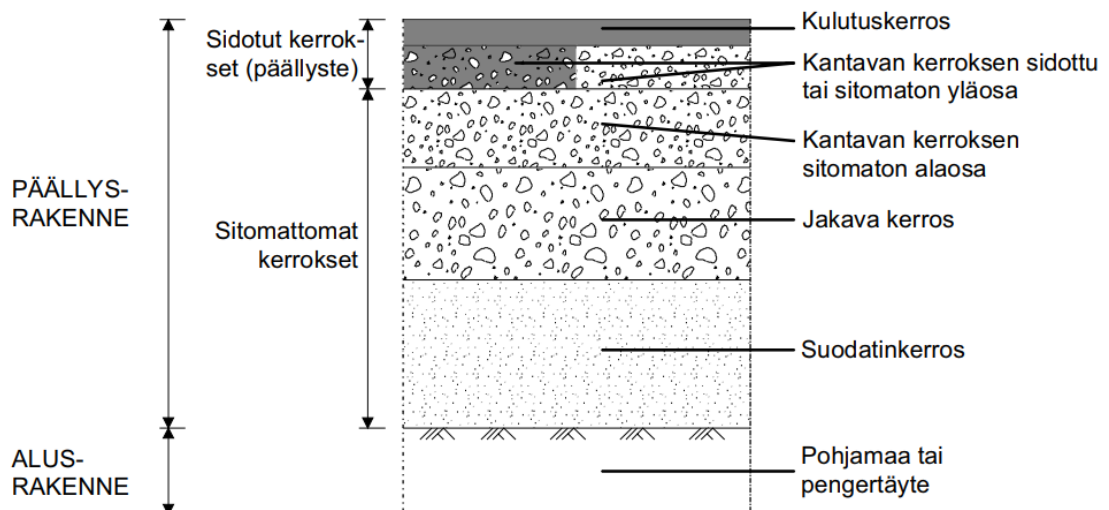
Työssä perehdytään rakennekerrosten materiaalivaatimuksiin lentoasema-alueella ja erityisesti rakenteiden tiukkoihin kantavuusvaatimuksiin. Asfaltin osalta keskitytään erityisesti kiviaineksen moninaisiin laatuvaatimuksiin ja työn toteutusvaiheen osalta laadukkaaseen lopputuotteeseen. Työssä ei kuitenkaan tarkemmin perehdytä kiviaineksen ja asfaltin laadunvarmistusmenetelmien erilaisiin testeihin tai kokeisiin. Myöskään päällysrakenteen mitoittamista ei käsitellä tarkemmin. Betonisten pintarakenteiden osalta keskitytään lentokoneiden seisontapaikkoina toimivien betonilaattojen laatuvaatimuksiin, työnaikaiseen laadunhallintaan ja laadukkaaseen toteutukseen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on antaa lukijalle kattava näkemys lentoasema-alueella tehtävien päällyys- ja pintarakenteiden rakentamisen laadukkaasta toteutuksesta. Työn tilaajalle kyseinen allianssiurakka on ensimmäinen lentoasema-alueella tehtävä urakka, joten päällysrakenteiden tekemisestä ja niiden laatuvaatimuksista ei ole aiempaa kokemusta. Työ selventää lukijalle miten lentoasema-alueen laatuvaatimukset poikkeavat tietyillä osa-alueilla esimerkiksi tierakentamisen laatuvaatimuksista. Lisäksi työn tilaaja voi hyödyntää tietoja jatkossa mahdollisiin lentoasema-alueilla tehtäviin infrahankkeisiin.

2 Päälysrakenteet

2.1 Päälysrakenteen mitoitus

Päälysrakenne tiellä, kadulla ja lentoasema-alueella mitoitetaan liikennekuormien ja routimisen mukaan. Mitä paksumpia rakennekerrokset ovat sitä vaikeampi on roudan tunkeutua rakenteeseen ja kuormitusten aiheuttaa muodonmuutoksia rakenteessa. Kuvassa 1. on esitetty yleisimmin käytettävät rakennekerrokset tierakenteessa. Liikenne ja ympäristötekijät ovat päälysrakenteen ensisijaisia kuormittajia. Routa, lumi ja sen sulaminen, sade ja lämpötilan muutokset ovat ympäristötekijöitä, jotka kuormittavat rakennetta. [14, s.11.]



Kuva 1. Tien päälysrakenne [Tiehallinto 2002]

Päälysrakennetta mitoitettaessa tavoitteena on saavuttaa tierakenteelle tavoiteltu palvelutaso, joka tarkoittaa tierakenteen kuntoa siltä osin kuin se vaikuttaa tien liikennöitävyyteen. Palvelutaso liittyy tienkäyttäjien ajoturvallisuuteen, ajomukavuuteen, ajonopeuksiin, melutasoihin ja tien kunnossapitokustannuksiin. Suunnittelussa tulee huomioida myös alusrakenteen kantavuus ja routivuus. Esimerkiksi pehmeällä pohjamaalla kuten savella tarvitaan enemmän kantavia kerroksia mitä kantavammalla pohjamaalla. Valitsemalla oikeat kerros ja päällystematerialit voidaan vastustaa muodonmuutoksia ja halkeilua rakenteessa. Alimitoittamalla rakenne altistuu

routimiselle ja deformatumiselle. Päälysrakenteen kokonaispaksuus määräytyy joko kantavuusvaatimuksen tai routanousun rajoittamisen perusteella. Tierakenteen palvelutaso on jatkuvasti muuttuva ja ajan myötä oikeilla rakenteen mitoituksilla voidaan palvelutasoa ylläpitää kustannustehokkaasti. [14, s.10.]

2.2 Suodatinkerrokset

Suodatinkerroksen ensisijainen tehtävä on estää hienorakeisen pohjamaan tunkeutuminen päälysrakenteeseen, mikä on päälysrakenteen säilymisen kannalta todella tärkeää, sillä hienorakeisempi maa-aines aiheuttaa routimista rakennekerroksissa ja kerrokset huonosti vettä läpäiseväksi. Suodatinkerros lisää myös osaltaan tien kantavuutta ja estää kapillaarisen veden nousun päälysrakenteen kerroksiin. Suodatinkerrosta tarvitaan silloin kun alusrakenne kuuluu maalajien kantavuusluokkataulukon mukaisesti d, e, f tai g luokkaan. [Liite 34.] Suodatinkerros rakennetaan yleensä luonnonhiekasta tai yleisempi vaihtoehto on käyttää suodatinkangasta, jos sen päälle tulevien rakennekerrosten paksuudet täyttävät routa- ja kantavuusmitoituksen asettamat vaatimukset. Suodatinkerrosta ei välttämättä aina käytetä ja se voidaan myös korvata jakavan kerroksen materiaalilla. [4, s.81.]

2.3 Jakavat kerrokset

Jakavan kerroksen tarkoituksena on jakaa kuormituksia alempana olevalle rakenteelle eli lisätä tien kantavuutta. Jakavan tehtävänä on myös kuivattaa rakennetta, vähentää roudan tunkeutumista alapuolisiin rakenteisiin sekä estää kapillaarisen veden nouseminen päälysrakenteen yläosaan. Lisäksi se toimii kantavalle kerrokselle oikeanlaisena alustana. [4, s.82.]

Jakava kerros rakennetaan murskeesta tai sorasta, tosin soran käyttäminen on harvinaisempaa mitä useasti käytettävän louheesta murskatun kiviaineksen. Kiviaines ei myöskään saa sisältää epäpuhtauksia. Rakenteissa käytettävät murskatut kiviainekset ja maa-ainekset ovat teknisiltä ominaisuuksiltaan soveltuvia kyseiseen kohteeseen ja riittävän tasalaatuista. Yleisimmät käytettävät raekoot jakavassa kerroksessa ovat 0/56, 0/63 ja 0/90 mutta myös muita InfraRYL:ssä esiintyviä raekokoja voi käyttää. Kuvassa 2. on jakavan kerroksen viimeistelty pinta tehty 0/56

kalliomurskeella. Enimmäisraekokona jakavassa kerroksessa on enintään puolet rakennettavan kerroksen paksuudesta. [3, s.304.]

Jakava kerros rakennetaan joko yhtenä tai useana kerroksena riippuen tiivistettävän materiaalin laadusta, kerrospaksuudesta ja tiivistyskalustosta. [Liite 4.] Ennen jakavan tekoa varmistetaan alustan olevan sula. Päälysrakennemateriaali kuljetetaan ja levitetään muodostamatta uria alusrakenteeseen. Huomioitavaa on myös raskaan liikenteen kuormitus jakavalle kerrokselle. Jakava kerros tiivistetään tarkoituksenmukaisella kalustolla ja liiallista tiivistämistä pitää välttää, jotta kerrokset eivät löyhy. Rakentamisen yhteydessä tarkkaillaan, ettei kiviaines pääse lajittumaan kuljettamisen, levittämisen, varastoinnin tai muun mahdollisen käsittelyn aikana. [3, s.308.]

Pakkasella rakennettavassa jakavassa kerroksessa materiaali pitää tiivistää heti levittämisen aikana, jottei materiaali jäädy. Tiivistettävään jakavaan kerrokseen ei saa myöskään olla sekoittunut jäätä, jäätynyttä maa-ainesta tai lunta. Lisäksi talvirakentamisessa täytyy huomioida, että mahdollisimman pieni rakennettava alue kerrallaan on alttiina pakkasen vaikutukselle sekä tiivistettävät materiaalit ovat kuivia. [3, s.308.]



Kuva 2. Valmiin jakavan pinta kiilattu kalliomurskeella 0/56 [Systä 2017, Destia]

2.3.1 Jakava kerros luonnonsorasta

Jakavan kerroksen luonnonsoran tulee täyttää InfraRYL kuvan 21210:K3 esiintyvät rakeisuusvaatimukset. [Liite 1.] Jos soran hienoainespitoisuus eli 0,063 mm:n seulan läpäisyprosentti on 5...9 paino-%, määritetään 0,02 mm:n seula hydrometrikokeella tai pesuseulontakokeella. Käytettävä materiaali välpätään jos kerrospaksuuden sallima enimmäisraekoko ylittyy tai yli 150 mm:n halkaisijaltaan olevien kivien paino-osuus on yli 5 %. [3, s.305.]

2.3.2 Jakava kerros murskeesta ja suurirakeisesta murskeesta

Laatuvaatimuksena murskeesta tehtyyn jakavaan kerrokseen on InfraRYL:in murskeiden tyyppirakeisuuden sallittu vaihteluväli ja yksittäisen rakeisuustulosten vaihteluväli. [Liitteet 2 ja 3.] Murskeen laadunvarmistus tehdään standardin SFS-EN 13242 mukaisesti sisältäen alkutestaukset ja tehdään sisäinen laadunvalvonta. Murskeen rakeisuus tutkitaan standardin SFS-EN933-1 mukaan pesuseulonnalla niin tiheästi kuin tarvitaan, mutta vähintään kerran viikossa ja aina silloin kun kiviaineksen laatu muuttuu olennaisesti. Kalliomurskeen hienoainespitoisuus saa olla korkeintaan 7 paino-% ja soramurskeen enintään 9 paino-%. Normaalialueen jakavaa kerrosta suurempien rakeisuuksien (0/90, 0/125, 0/180, ja 0/250) käyttö on mahdollista, jos siitä ei ole haittaa työmaaliikenteelle tai valmiin jakavan kerroksen laatuvaatimusten täyttämiseksi. [3, s.308.]

2.3.3 Jakavan kerroksen laadunvarmistus

Valmiin jakavan kerroksen laadunvarmistuksessa tarkastetaan suunnitelmien vaatima kantavuuden täyttyminen ja InfraRYL:in taulukon 21210:T4 mukaiset sallitut poikkeamat. [Taulukko 1.] Yleensä kantavuus varmistetaan jakavan kerroksen päältä, mutta jos mittauksia ei voi suorittaa sulan maan aikana, voidaan se tehdä myös kantavan kerroksen päältä. Kantavuudet mitataan satunnaisesti noin 100 m:n välein ja menetelmänä käytetään joko levykuormakoetta tai pudotuspainolaitetta. Tiivistystyön laatu tarkastetaan 150 m:n välein, jos menetelmänä on käytetty tiiviysastetta eli kerroksen kuivatiheys on mitattu kalibroidulla säteilymittauslaitteella, josta on laskettu mittaustuloksen ja kuivatiheyden enimmäisarvon suhde. [3, s.308.]

Maarakenteen tiiveydellä voidaan arvioida sen lujuus- ja kantavuusominaisuuksia. Tiiviysasteella tarkoitetaan rakenteen kuivairtitiheyden suhteen vertaamista Proctor-kokeella mitattuun maa-aineksen ominais kuivairtitiheyteen. Tiiviysasteen kaava on esitetty alla.

$$D = \frac{\rho_d}{\rho_{d \max}}, \quad (1)$$

missä ρ_d on kuivairtitiheys
 $\rho_{d \max}$ on maksimikuivairtitiheys

Yksittäisen jakavan kerroksen kantavuustuloksen ohjearvo on 100 MN/m². Jos kyseinen kantavuus ei täyty, tehdään tarkistavat toimenpiteet liittyen mahdollisesti epäonnistuneeseen tiivistykseen, virheelliseen materiaaliin, liian ohueen rakennekerrokseen, virheelliseen mitoittamiseen tai mitoituksen lähtötietojen virheisiin. Edellä mainittujen toimenpiteiden perusteella päätetään korjaustoimenpiteistä. [3, s.308.]

Taulukko 1. Jakavan kerroksen sallitut poikkeamat

<i>Taulukko 21210:T4. Jakavan kerroksen sallitut poikkeamat.</i>	
Ominaisuus	Sallittu poikkeama
Rakenteen yläpinnan tasosijainti	
• Poikkeama vaakasuunnassa	– 0 / + 150 mm
• Em. poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	100 mm
Rakenteen yläpinnan korkeustaso	
• Yksittäinen poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan ¹⁾	± 30 mm
• Yksittäisen poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	30 mm
• Keskiarvon poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	± 15 mm
Rakenteen yläpinnan kaltevuuden poikkeama	± 1,0 %-yksikköä
Tasaisuus 3 m:n oikolaudalla mitattuna	20 mm
¹⁾ Tähtäysmerkkien ja mittakepin avulla mitataan poikkeama kohtisuoraan pintaa vasten, mutta takymetrimittauksessa poikkeama pystysuuntaan.	

Jakavan kerroksen kantavuuden varmistamiseen on monia eri toimintatapoja. Jos jakavan kerroksen murskeen enimmäisraekoko on pienempi kuin 125 mm, voidaan tiivistämisen onnistuminen todentaa mittaamalla pudotuspaino- tai levykuormalaitteella. Kuvassa 3. on pudotuspainolaite, joka vastaa hyvin raskaan liikenteen kuormituksia tierakenteelle. Mittauksella selvitetään tiiviyssuhde E_2/E_1 , joka tarkoittaa jälkimmäisenä lasketun kuormituksen (E_2) kantavuusarvon suhdetta ensimmäisen kuormituksen (E_1)

laskettuun kantavuusarvoon. Kerroksen kuivatiheys mitataan kalibroidulla säteilymittauslaitteella, jolla lasketaan tiiviysaste. Tiiviysasteen yksittäisarvon täytyy olla vähintään 90% ja keskimäärin vähintään 95%. [3, s.309.]



Kuva 3. KUAB-pudotuspainolaite [Roadmasters.fi]

Jos jakavan kerroksen murskeen tai soran enimmäisraekoko on pienempi kuin 80 mm ja kerroksen paksuus alle 300 mm, on mahdollista mitata tiiviyssuhde kevyellä pudotuspainolaitteella. Mittaustulos saa olla enintään 1,1-kertainen koetiivistyksessä ennalta määritettyyn tiiviyssuhteen tavoitearvoon. Dokumentoivan ja jatkuvasti mittaavan jyrämittarin avulla on myös mahdollista osoittaa jakavan kerroksen tiivistämisen laatu. Jyrämittarin avulla pystytään todistamaan, että tiivistystä on tehty niin kauan, etteivät tulokset ole enää parantuneet ja kaksi huonointa jyrämittariarvoa täyttävät tiiviyssuhdevaatimukset. [3, s.309.]

Jos jakavan kerroksen murskeen enimmäisraekoko on suurempi kuin 125 mm, tiivistystyön laatu voidaan varmistaa mittaamalla pinnan korkeustason muutoksia täkymetrillä tai vaaitsemalla. Menetelmässä valitaan vähintään kaksi poikkileikkausta ja niiden korkeusasema merkitään maastoon. Pisteiden korkeustasot mitataan jyrän ylityskertojen jälkeen ja kun kahden viimeisimmän jyräyskerran painumat ovat alle 10 mm, tiivistys täyttää vaatimukset. Jos mittausvälillä esiintyy johto tai putkikaivantoja, tehdään joka toinen mittausta kaivannon päältä. Lisäksi jakavan kerroksen teossa on otettava huomioon mahdolliset ympäristövaikutukset. Esimerkiksi täryjyry tai jokin muu

työkone voi aiheuttaa maan värähtelyä, mikä pitää huomioida työvaiheen laaduntarkkailussa. [3, s.309.]

Taulukko 2. Levykuormitus- ja pudotuspainolaitteen tiiviyssuhteen vaatimukset jakavalle kerrokselle

Taulukko 21210:T5. Levykuormituslaitteella jakavan kerroksen pinnalta mitatun tiiviyssuhteen vaatimukset.		Taulukko 21210:T6. Pudotuspainolaitteella jakavan kerroksen pinnalta mitatun tiiviyssuhteen vaatimukset.¹⁾	
Kantavuus, MPa	Tiiviyssuhde E_2/E_1	Kantavuus, MPa	Tiiviyssuhde E_2/E_1
< 125	≤ 2,2	< 125	≤ 1,9
125...134	≤ 2,3	125...134	≤ 2,0
135...144	≤ 2,4	135...144	≤ 2,1
145...154	≤ 2,5	145...154	≤ 2,2
155...164	≤ 2,6	155...164	≤ 2,3
165...174	≤ 2,7	165...174	≤ 2,4
175...184	≤ 2,8	175...184	≤ 2,5
≥ 185	≤ 2,9	≥ 185	≤ 2,6

¹⁾ Parannetun Proctor-kokeen ja kevyen pudotuspainolaitteen kokeen ohjeellinen vastaavuus esitetään taulukossa 18110:T5 (luku 18110).

2.4 Kantavat kerrokset

Kantava kerros tehdään aina tierakenteisiin, sen tarkoitus on antaa oikeanlainen ja luja pohja kulutuskerrokselle tai mahdolliselle sidekerrokselle.

Kantavan kerroksen materiaalin kelpoisuus todistetaan ensisijaisesti standardin SFS-EN 13242 mukaan CE-merkinnällä, edellyttäen kansallisen tason vaatimusten täyttymistä ja luotettavilla laatuvaatimusten mukaisilla rakeisuuden tutkimustuloksilla. Sitomattoman kantavan kerroksen kiviaineksen laatuvaatimuksina ovat muun muassa iskunkestävyys, jäädytys-sulatuskestävyys ja rakeiden murtopintaisuus ja nämä ominaisuudet todistetaan CE-merkinnällä. [3, s.18.]

Kiviaineksen murtopintaisten rakeiden osuus testataan standardin SFS-EN 933-5 mukaisesti. Murtopintaisten rakeiden osuus pitää olla vähintään 50% ja kokonaan pyöristyneiden rakeiden osuus enintään 30%. Kiviaines voidaan todeta jäätymis-sulamiskestäväksi, jos petrograafisen tutkimuksen mukaan siinä ei ilmene heikkoja tai paljon vettä imeviä rakeita, kiintotiheyden- ja vedenimeytymiskokeessa vedenimeytyminen on alle 1%, tai 1% NaCl-liuosta käyttäen tehtävä jäädytys-sulamistestin massahäviö on enintään 4%. Kiviaineksen raemuodon litteysluku saa olla

standardin SFS-EN 933-3 mukaan korkeintaan 50 (Luokka FI50). Kiviaineksen iskunkestävyyttä kuvataan Los Angeles -luvulla. Los Angeles kokeessa kiviainesnäyte laitetaan teräskuulien sekaan pyörimään teräsrumpuun. Kantavassa kerroksessa LA-luku saa olla korkeintaan 30 (Luokka LA₃₀). Tilaaja voi kuitenkin hankkeesta riippuen hyväksyä käytettäväksi myös luokat LA₃₅ ja LA₄₀. [3, s.320.]

Kiviaines ei saa sisältää epäpuhtauksia tai ympäristölle haitallisia aineita. Rapautumisherkkää tai rapautunutta kiviainesta ei saa myöskään käyttää kantavassa kerroksessa. Kantavan kerroksen murske voi olla peräsin markkinoilta, tielinjalta hyödynnettävää vanhaa rakennetta tai tilaajan omasta louheesta valmistettua mursketta. Tilaajalta tulevan murskeen tulee kuitenkin täyttää samat laatuvaatimukset mitä markkinoilla olevien murskeiden. Työn toteuttajan on tutkittava murskeet samoin mitä markkinoilla ovat ja esitettävä tutkimustulokset tilaajalle. Kantavassa kerroksessa voidaan myös hyödyntää perinteisen kiviaineksen sijaan uusiomateriaaleja esimerkiksi betonimurskeita, masuunikuonaa tai rengasrouhetta. Uusiomateriaalien laatuvaatimukset ovat soveltuvin osin samanlaiset kuin luonnonkiviaineksen ja niiden tekniset ominaisuudet sekä maanrakennuskelpoisuus pitää olla käyttökohteeseen sopiva. [3, s.318.]

2.4.1 Sitomaton kantava kerros

Sitomaton kantava kerros rakennetaan sora-tai kalliomurskeesta. Yleisimmin kantavassa kerroksessa käytetään standardin SFS-EN 13285 mukaisia raekokoja: 0/32, 0/40, 0/45, 0/55 ja 0/63. Kantavan kerroksen kalliomurskeen hienoainespitoisuus ei saa ylittää 7%, eikä soramurskeen 9%. Samoin kuin jakavassa kerroksessa rakeisuutta tutkitaan pesuseulontamenetelmällä vähintään kerran viikossa tai raaka-aineen laadun muuttuessa olennaisesti. [3, s.318-319.]



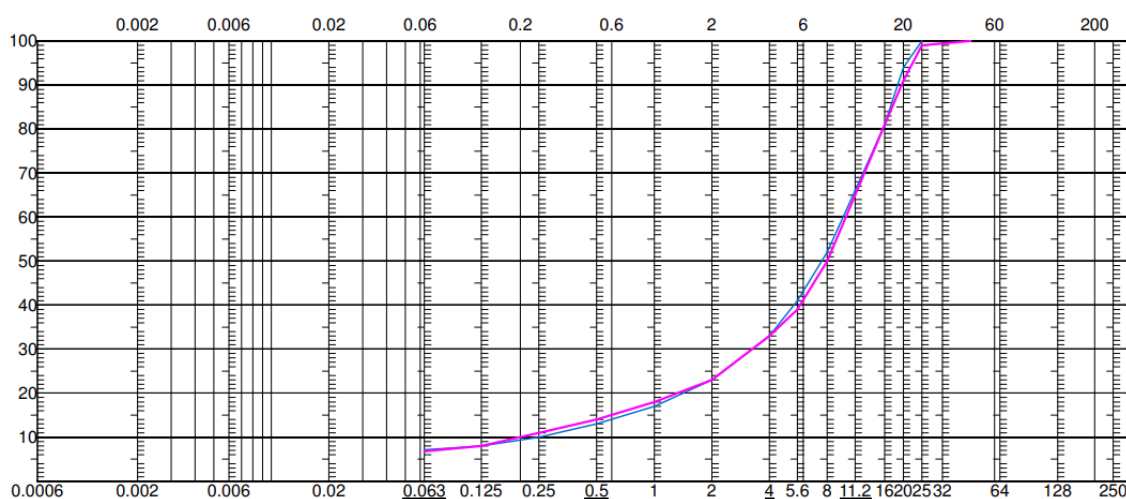
Kuva 4. Kantavan kerroksen tekoa [Tuikkanen 2016, Destia]

Sitomaton kantava kerros toteutetaan yhtenä kerroksena. Ennen kantavan tekoa varmistetaan alustan olevan vaatimusten mukainen ja mahdollinen lumi, jää tai jäätynyt maa poistetaan. Kantavan levitys jaetaan koko rakennettavan tien leveydelle urautumisen ja lajittumisen takia. Kantavan kerroksen optimivesipitoisuus pitää pysyä 3 % -yksikön sisällä tai muuten tiiviysaste ja kantavuusvaatimuksia on vaikea saavuttaa. Tarpeen mukaan vettä lisätään kerrokseen optimaalisen vesipitoisuuden saavuttamiseksi ja niin että se levittyy tasaisesti tiivistettävään kerrokseen. Työmenetelmä ja työkoneet valitaan oikealla tavalla, etteivät kerrokset löyhy tai liiallinen jyrääminen lisää hienoaineksen pitoisuutta. Kuvassa 4. rakennetaan asematason allianssiurakan kantavaa kerrosta takymetri ohjatulla tiehöylällä, jonka jälkeen se tiivistetään yhtenä kerroksena käyttäen tarkoitukseen soveltuvaa tiivistyskalustoa, InfraRYL-taulukon 18110:T3 mukaan. [3, s.320.]

2.4.2 Kantavan kerroksen asfalttibetoni (ABK)

Kulutuskerros, sidekerros sekä kantava kerros tai sen yläosa tehdään usein asfalttibetonista. Asfalttibetonia käytetään yleisesti myös massapintauksissa, paikkauksissa ja tasauksissa. ABK:ta käytetään usein silloin kun liikennemäärät ja kuormitukset ovat suuria päällysrakenteelle ja niitä voidaan tehdä useampi kerros riippuen mitä ominaisuuksia ja kantavuuksia päällysteeltä tarvitaan. AB:n

eurooppalainen tuotestandardi on SFS-EN 13108-1. Kantavan kerroksen asfalttibetonin rakeisuuden ohjealue on lähes sama kuin kulutuskerroksen asfalttibetonilla AB [Liite 5.], mutta sen side-ja hienoainespitoisuus on pienempi. Kuvassa 5. olevassa rakeisuuskäyrässä vaaleanpunainen käyrä on ohjealueen vaatima ja sininen toteutunut rakeisuustutkimuksen tulos. Rakenne voidaan tehdä jäykäksi tai enemmän vetorasitusta kestäväksi riippuen bitumin valinnasta. Jäykkä rakenne saadaan aikaan valitsemalla bitumi tunkeutumaltaan sopivan pieneksi ja enemmän vetoa kestävä rakenne pehmeämmällä bitumilla. Soveltuvia bitumeja kantavan kerroksen asfalttibetonin sideaineiksi ovat tiebitumit 20/30...160/220 sekä kumibitumit KB65 ja KB75. [5, s.40.]



käytetään eli tiiviysaste, pudotuspainolaite, levykuormituskoe tai tiiviyssuhdemenetelmää. [3, s.323.]

Taulukko 3. Kantavan kerroksen sallitut poikkeamat

Taulukko 21310:T3. Kantavan kerroksen sallitut poikkeamat.	
Ominaisuus	Sallittu poikkeama
Rakenteen yläpinnan tasosijainti	
• Poikkeama vaakasuunnassa	– 0/+150 mm
• Em. poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	100 mm
Rakenteen yläpinnan korkeustaso	
• Yksittäinen poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan ¹⁾	± 20 mm
• Yksittäisen poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	20 mm
• Keskiarvon poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	± 10 mm
Rakenteen yläpinnan kaltevuuden poikkeama	± 0,5 %-yksikköä
Tasaisuus 3 m:n oikolaudalla mitattuna	12 mm
¹⁾ Tähtäysmerkkien ja mittakepin avulla mitataan poikkeama kohtisuoraan pintaa vasten, mutta takymetrimittauksessa poikkeama pystysuuntaan.	
InfraRYL 2010 Osa 1 21300 Kantavat kerrokset	
321	

Ennen päällysteen levittämistä otetaan ylimmästä 100 mm:n kerroksesta neljä näytettä, jotka nimetään A, B, C, ja D, jokaiselta 1000 m:n matkalta. Jos mitattava tieosuus on alle kilometrin pituinen, näytteet otetaan tiheimmin taulukon 3. mukaisten etäisyyksien perusteella ja kerrotaan suhdeluvulla tien pituus, m / 1000 m. Jos näytetulokset ovat selvästi sallittujen rajojen sisäpuolella, voi näytteenottoväliä harventaa 2000 m:n. Näytteet koskevat koko ajorataa, jos koko leveys on tehty yhdellä kertaa ja samalla materiaalilla eikä työmaan liikenne ole painottunut vasemmalle puolelle, josta ei InfraRYL ohjeen mukaan oteta näytteitä. Jos näytteiden A ja D hienoainespitoisuudet jäävät keskiarvoltaan pieneksi, pystytään näytteet B ja C seuloa ja ottaa huomioon keskiarvoa laskettaessa ja huonointa yksittäistä arvoa valittaessa. [3, s.323.]

Taulukko 4. Levykuormitus- ja pudotuspainolaitteen tiiviyssuhteen vaatimukset

Taulukko 21310:T4. Levykuormituslaitteella sitomattoman kantavan kerroksen pinnalta mitatun tiiviyssuhteen vaatimukset.

Kantavuus, MPa	Tiiviyssuhde E_2/E_1
< 145	$\leq 2,0$
145...159	$\leq 2,1$
160...174	$\leq 2,2$
175...189	$\leq 2,3$
190...204	$\leq 2,4$
205...219	$\leq 2,5$
220...234	$\leq 2,6$
≥ 235	$\leq 2,7$

Taulukko 21310:T5. Pudotuspainolaitteella sitomattoman kantavan kerroksen pinnalta mitatun tiiviyssuhteen vaatimukset.

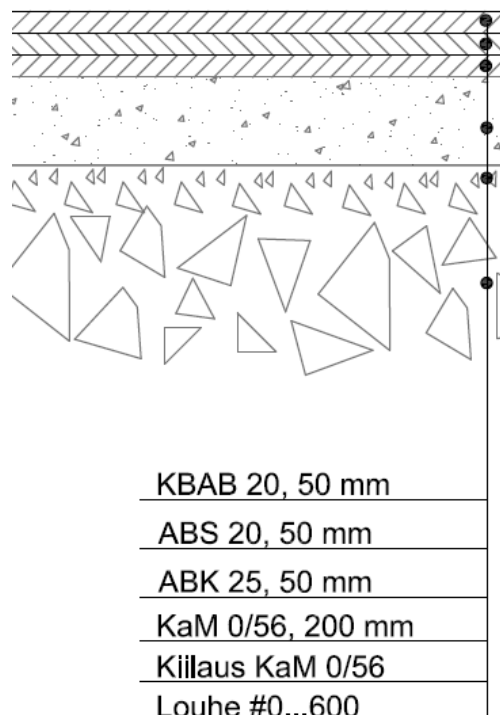
Kantavuus, MPa	Tiiviyssuhde E_2/E_1
< 145	$\leq 1,7$
145...159	$\leq 1,8$
160...174	$\leq 1,9$
175...189	$\leq 2,0$
190...204	$\leq 2,1$
205...219	$\leq 2,2$
220...234	$\leq 2,3$
≥ 235	$\leq 2,4$

2.5 Asfalttipäällysteet

Yleisin Suomessa käytetty teiden ja katujen päällystemateriaali on asfaltti. Asfaltti koostuu kiviaineksesta ja bitumisesta sideaineesta. Kun bitumi ja kiviaines sekoitetaan asfalttiasemalla, syntyy asfalttimassaa. Massa kuljetetaan, levitetään ja lopuksi tiivistetään tielle tai kadulle. Asfalttityyppejä ovat asfalttibetoni (AB), kivimastikiasfaltti (SMA), pehmeä asfalttibetoni (PAB) ja avoin asfaltti (AA). Kuvassa 6. on allianssiurakassa käytetty päällystekerroksina hieman harvinaisempaa KBAB eli kumibitumiasfalttibetonia, sidekerroksen asfalttibetonia (ABS) ja kantavan kerroksen asfalttibetonia (ABK). [4, s.94.]

Asfalttimassan suunnittelussa luodaan lähtökohdat laatuvaatimuksille ja tuotannonaikaiselle laadunvarmistukselle. Suomessa laatuvaatimukset perustuvat pitkälti Asfalttinormien ohjeisiin. Asfalttinormeissa on asetettu laatuvaatimukset niin kiviainekselle, asfalttimassalle ja valmiille päällysteen pinnalle ja näitä kaikkia testataan erilaisin kokein, joiden menetelmät on selostettu tarkemmin standardeissa.

Suhteituksessa massalle määritellään ominaisuudet, rakeisuus ja sideainepitoisuus. Kun tavoitellaan deformatumista ja kulumista kestäväää päällystettä, suhteitetaan kiviaineksen rakeisuuskäyrä lähemmäs alemmaa eli karkeampaa rajakäyrää. Sellainen sopii esimerkiksi vilkasliikenteisille ajoväylille. Silloin kun halutaan tiivis ja sileää päällysteen pinta suhteitus tehdään lähemmäksi rakeisuuskäyrän ylemmää eli hienompaa rajakäyrää ja tällainen päällyste sopii taas kevyen liikenteen väylille, pihoille ja jalkakäytävälle. Hienorakeisella päällysteellä on usein parempi säänkestävyys ominaisuus mitä karkearakeisella päällysteellä. [5, s.39.]



Kuva 6. Päällystekerrokset allianssiurakan rullaustien kohdalta [Finavia/Sito]

Asfaltissa käytettävien raaka-aineiden, asfalttimassojen ja päällysteiden laatuvaatimukset määräytyvät käyttökohteessa tarvittavien ominaisuuksien mukaan. Vaatimuksia määrättäessä täytyy ottaa huomioon ettei samalle ominaisuudelle tai tekniselle vaatimukselle aseteta päällekkäisyyksiä. Esimerkkinä saman ominaisuuden tutkiminen kahdella eri menetelmällä, jossa asfaltin pitäisi täyttää molempien menetelmien vaatimukset. Asfalttimassan koostumuksen tärkeimpinä elementteinä ovat massan sideainepitoisuus ja kiviaineksen rakeisuus. Asfalttimassan rakeisuuskäyrien on siis oltava ohjealueen sisällä ja rajakäyrien suuntainen urakka-

asiakirjojen vaatimusten mukaisesti. Toiminnalliset vaatimukset asetetaan joko valmiille päällysteelle tai asfalttimassalle. [5, s.9.]

Asfalttoinnin aikaiset hyvät sääolosuhteet ovat edellytys asfalttinormien laatuvaatimusten täyttymiselle. Kovalla sateella ongelmaksi muodostuu valmiin päällysteen pinnan avoimeksi jääminen ja tyhjätilavaatimusten saavuttaminen. Asfalttoinnin aikana lammikoituva vesi vaikeuttaa asfalttipäällysteen tarttuvuutta alustaan. Sitomattoman päällystepohjan pehmeneminen vaikuttaa asfaltin tiivistymiseen, aiheuttaa pinnan epätasaisuutta ja asfaltin paksuusvaihtelua. Poikkeavassa alle 5 °C lämpötilassa tehtävä asfaltti jäähtyy liian nopeasti, mikä saattaa vaikuttaa päällysteen tyhjätilaan ja sitä kautta pinta liian avoimeksi. Poikkeavissa olosuhteissa tehtävän päällystykseen laatuvaatimukset pitää sopia tilaajan ja urakoitsijan kanssa erikseen, koska ne vaikuttavat haitallisesti asfaltin laatuun. Poikkeavia olosuhteita ovat jäinen, kylmä tai märkä päällystepohja, levittäminen sateella ja jos ilman lämpötila on alle 5 °C. [5, s.9.]

2.5.1 Kiviaineksen geometriset vaatimukset

Asfalttikiviaineksen laatuvaatimukset pohjautuvat suurilta osin eurooppalaisen tuotestandardiin SFS-EN 13043 nimeltään ”kiviainekset teiden, lentokenttien ja muiden liikennöityjen alueiden asfalttimassoihin ja pintauksiin”. Kiviaineksen valmistaja todistaa tuotteen laadun toteutuksen aikaisilla laadunvarmistustuloksilla ja CE-merkinnällä. Asfalttikiviaineksen valmistajan pitää ilmoittaa kiviaineksen tyyppirakeisuus ja sen sallitut poikkeamat standardin SFS 7004 mukaan. Karkeiden ja hienojen kiviainesten ohjeseulat määräytyvät liitteiden 6 ja 7 mukaisesti. Suomessa käytetään standardin SFS-EN 13043 mukaisia karkean kiviaineksen rakeisuusluokkia G_C90/15, G_C90/10 ja G_C85/15. [5, s.11-12.]

Kiviaineksen hienoainespitoisuus ilmoitetaan liitteen 8 mukaisesti. Hienoainespitoisuus tutkitaan kiviaineksista pesuseulonnalla standardin SFS-EN-933-1 mukaan. Karkean ja koostekiviaineksen muoto luokitellaan SFS-EN 933-3 mukaan muotoluokkina FI₁₀, FI₁₅, FI₂₀ ja FI₃₅. Kiviainesyhdistelmän on myös täytettävä litteyslukuluokan vaatimus. Yhdistetty litteysluku lasketaan huomioon ottaen suuremmat kuin 4 mm rakeiden suhteellinen osuus asfalttimassassa PANK-menetelmällä. [Liite 9.] Soramurskeita koskee murtopintaisten rakeiden osuuden vaatimus eli kiviaineksessa saa olla täysin

tai osittain murskaantuneita rakeita 50...100 % ja täysin pyöristyneitä rakeita 0...30 %.
[5, s.16.]

2.5.2 Kiviaineksen mekaaniset ja fysikaaliset vaatimukset

Kiviaineksen nastarengaskulutuskestävyys määritetään kuulamylykokeella. Kiviaineksen CE-merkinnässä ilmoitetaan pelkästään kuulamylyluokka, mutta asfaltin suhteituksessa vaaditaan yksittäisten kuulamylytestien tulokset. Luokka täytyy myös valita kiviainekselle niin, että asfalttimassan kulumiskestävyyden vaatimukset täyttyvät. Vaatimuksia asetettaessa täytyy myös huomioida, että jokainen testaustulos pitää olla pienempi kuin valitun luokan raja-arvo. [Liite 10.]

Asfalttimassaan käytettävä karkea, hieno ja koostekiviaines pitää määrittää SFS-EN 1097-6 mukaan ja tuloksena ilmoitetaan uunikuivattu kiintotiheys kahden desimaalin tarkkuudella. Vedenimeytyminen WA_{24} karkealle ja koostekiviainekselle määritetään SFS-EN 1097-6 mukaan. Vedenimeytymistestiä käytetään esivalintana kiviaineksen jäädytys-sulatuskestävyyttä. Menetelmää ei voi käyttää keinokiviainekselle ja sen tuloksen täytyy olla ≤ 1 %. Kun kiviaines täyttää kyseisen testin vaatimukset, voidaan se luokitella jäädytys-sulatuskestäväksi. Jos vedenimeytymistestin tulos ylittää arvon 1 %, tehdään kiviainekselle jäädytys-sulatustesti käyttämällä 1 % NaCl-liuosta, jonka testitulokset täytyy olla alle 4 %. [5, s.17.]

2.5.3 Kiviaineksen kemialliset vaatimukset

Asfaltissa käytettävä kiviaines ei saa olla rapautunutta eikä rapautumisaltista. Kiviaineksen rapautumisalttiutta arvioidaan mineraalikoostumuksen avulla petograafisella analyysillä. Analyysin perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että kiviaines on rapautumatonta seuraavilla edellytyksillä: Kiviaineksen sulfidimineraalien määrä on ≤ 5 % ohuthieestä. Kiviaineksen ohuthietutkimuksen perusteella se sisältää enintään 15 % pehmeitä mineraaleja tai kiillettä (Mohsin kovuus < 3). Poikkeuksena tähän on jos kiille on hienorakeista (< 1 mm) ja tasaisesti jakautuneena, ja sitä esiintyy 15–20%, voidaan kiviaines luokitella rapautumattomaksi. Röntgendiffraktiomenetelmän mukaan kiille ei saa olla kiviaineksen yleisin materiaali ja kyseistä menetelmää suositellaan ainoastaan soramurskeille. [5, s.17.]

Kiviaineksen sisältämä hienoaines ei saa sisältää paisuvahilaisia mineraaleja. Jos hienoainespitoisuus on alle 3 %, sen laatua ei ole syytä selvittää paisuvahilaisten mineraalien puolesta. Paisuvahilaisten mineraalien esiintyminen suomalaisessa kiviaineksessa on kuitenkin harvinaista. Kiviaineksen ja bitumin välisen tartuntapinnan riittävyys tutkitaan suhteituksen yhteydessä. Tartuntaan vaikuttaa kiviaineksen rakeiden pinnan fysikaalis-kemiallinen laatu sekä rakeiden pinnan epäpuhtaudet. Kalimaasälpä, kvartsi ja kiille ovat tartuntaa heikentäviä mineraaleja. [5, s.18.]

Kuivaamattoman asfalttiin käytettävän soramurskeen humuspitoisuus tulee tutkia SFS-EN 1744-1 mukaan NaOH-menetelmällä. Testissä tutkittavan liuoksen tulee olla vaaleampi mitä vertailuliuos, jotta vaatimukset täyttyvät. [5, s.19.]

2.5.4 Asfaltin fillerikiviaineksen laatuvaatimukset

Asfalttiin käytettävän fillerikiviaineksen pitää olla CE-merkitty. Sen rakeisuus määritetään joko ilma-tai pesusuihkuseulonnan avulla. Rakeisuuden tulee täyttää fillerikiviaineksen rakeisuusvaatimukset. [Taulukko 5.]

Taulukko 5. Fillerikiviaineksen rakeisuusvaatimukset [Asfalttinormit 2008]

Taulukko 13. Fillerikiviaineksen rakeisuusvaatimukset.

Seulakoko mm	Läpäisy Massaprocentteina	
	Yksittäistulosten kokonaisvaihteluväli	Valmistajan ilmoittama rakeisuuden vaihteluväli *)
2	100	-
0,125	85 - 100	10
0,063	70 - 100	10

*) Vaihteluväli on ilmoitettava vähintään 20 lukuarvon perusteella. Ilmoitetuista tuloksista 90 prosenttia tulee olla tämän vaihteluvälin sisällä, mutta kaikkien tulosten tulee olla kokonaisvaihteluvälin sisällä.

Fillerikiviaineksen vesipitoisuuden massaprocentin pitää olla pienempi kuin 1%. Kuivan ja tiivistetyn fillerin tyhjätilan tulee olla luokan V28/45 mukaisesti 28...45% välillä standardin SFS-EN 1097-4 ohjeiden mukaan. Lisäksi fillerikiviaineksesta täytyy ilmoittaa kiintotiheys standardin SFS-EN 1097-7 mukaan. Kalkkifillerikiviaineksen kalsiumkarbonaattipitoisuuden pitää olla $\geq 70\%$ (Luokka CC₇₀). Myös kalsiumhydroksidipitoisuuden luokka täytyy ilmoittaa ja se on Ka10, Ka20 tai Ka25. [5, s.20-21.]

2.6 Asfaltin sideaineet

Asfalttipäällysteiden sideaineina käytetään polymeerimodifioituja bitumeja, bitumiliuoksia, bitumeja tai bitumiemulsioita. Näiden sideaineiden laatuvaatimukset perustuvat SFS-EN-standardeihin, joista on sovellettu Suomen olosuhteisiin kelpaavat osat. Sideaineiden vaatimuksina ovat tasalaatuisuus eivätkä ne saa sisältää haitallisia määriä epäpuhtauksia. Tiebitumit jaetaan kolmeen eri ryhmään: pehmeät tiebitumit (tunkeuma-alue 250...900 [0,1 mm]), tiebitumit (tunkeuma-alue 20...220 [0,1 mm]) ja viskositeettiluokitellut bitumit (V1500...V3000). [5, s.25.]

Taulukko 6. Tiebitumin laatuvaatimustaulukko [Asfalttinormit 2008]

Taulukko 18. Tiebitumien laatuvaatimukset, tunkeuma 20 ... 220 [0,1 mm].

Bitumiluokka		Menetelmä	20/30	35/50	50/70	70/100	100/150	160/220
Tunkeuma, 25 °C	0,1 mm	SFS-EN 1426	20-30	35-50	50-70	70-100	100-150	160-220
Pehmenemispiste	°C	SFS-EN 1427	55,0-63,0	50,0-58,0	46,0-54,0	43,0-51,0	39,0-47,0	35,0-43,0
Dynaaminen viskositeetti, 60 °C	Pas	SFS-EN 12596	≥ 440	≥ 225	≥ 145	≥ 90	≥ 55	≥ 30
Kinemaattinen viskositeetti, 135 °C	mm ² /s	SFS-EN 12595	≥ 530	≥ 370	≥ 295	≥ 230	≥ 175	≥ 135
Murtumispiste	°C	SFS-EN 12593		≤ -5	≤ -8	≤ -10	≤ -12	≤ -15
Ohutkalvokoe		SFS-EN 12607-1						
- massan muutos	± m-%		≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0
- jäännöstunkeuma	%		≥ 55	≥ 53	≥ 50	≥ 46	≥ 43	≥ 37
- pehmenemispisteen nousu	°C	SFS-EN 1427	≤ 10	≤ 11	≤ 11	≤ 11	≤ 12	≤ 12
Leimahduspiste	°C	SFS-EN ISO 2592	≥ 240	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 230	≥ 220
Liukoisuus tolueeniin	m-%	SFS-EN 12592	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0

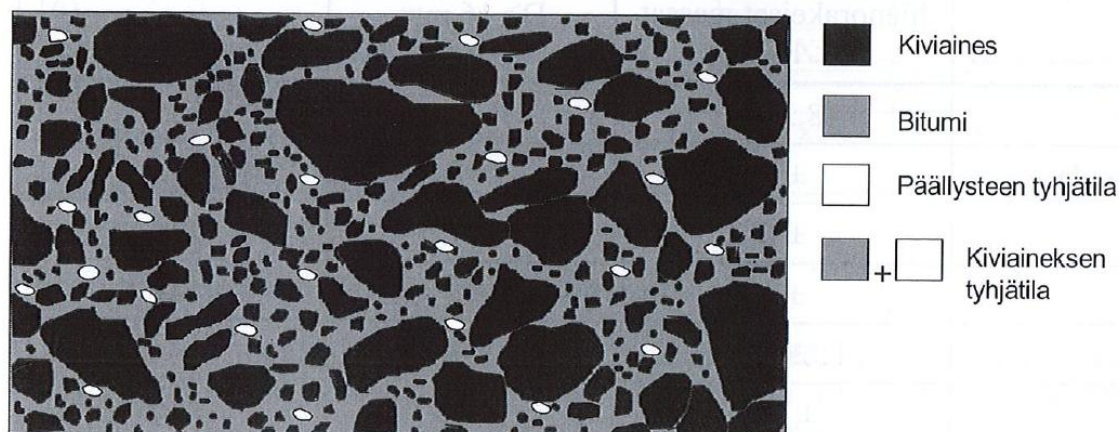
Polymeerimodifioidussa bitumissa (PMB) on polymeerilisäyksellä muutettu sideaineen ominaisuuksia. Suomessa yleisin käytettävä polymeeri on kumimaisen ominaisuuden antava SBS-kumi. Edellä mainittuja tuotteita kutsutaan kumibitumeiksi ja niiden pitää täyttää SFS-EN 14023 laatuvaatimukset. [Liite 10.] Bitumiliuoksissa (BL) liuotteina käytetään hiilivetytuotteita. Bitumiliuos ei saa sisältää liiallista määrää vettä. Bitumiliuosten laatuvaatimukset. [Liite 11.] [5, s.25.] Asfaltin sideaineena toimiva bitumiemulsio (BE) sisältää emulgaattorin, bitumia ja vettä. Emulsion bituminen osa toimii ainoastaan sideaineena, mikä pitää huomioida kun lasketaan asfaltin sideainepitoisuutta. Bitumiemulsiot on syytä sekoittaa huolellisesti ennen käyttöä,

koska ne pyrkivät erottumaan. Suomessa käytetään pääosin kationisia eli happamia emulsioita. Bitumiemulsiot muokataan kohdennetusti käyttökohteeseen, joten sen valmistajalla on merkittävä rooli laatuvaatimusten täyttymiselle. [Liite 12.] [5, s.26.]

2.7 Asfalttimassan laatuvaatimukset

Asfalttimassan valmistajalla on aina oltava laadunvalvontajärjestelmä, minkä avulla tuotannon laatu voidaan varmistaa. Standardin mukaista laadunvalvontajärjestelmää on käytettävä aina, jos asfalttimassalle annetaan CE-merkintä. Kaikki asfalttimassan valmistamisessa käytetyt raaka-aineet tarkastetaan. Lisäksi niille tehdään määrävälein testejä. Massan valmistamisessa käytettävät laitteet on tarkastettava ja tarpeen mukaan myös kalibroitava. Valmis asfalttimassa tarkastetaan aina silmämääräisesti ja massan lämpötilaa seurataan jatkuvasti. Suomessa käytetään massan sideainepitoisuuden ja rakeisuuden testaustiheytenä tuotannon alkuvaiheessa 1 näyte/500 t. Jos tuotannon aikana ei esiinny poikkeamia, testaustiheyttä voidaan harventaa 1 näyte/1000 t ja edelleen 1 näyte/2000 t. [5, s.78.]

Asfalttimassan toiminnalliset ominaisuudet testataan laboratoriossa valmistetuista koekappaleista. Massa voi olla valmistettu joko asfalttiasemalla tai laboratoriossa. Asfalttimassan kulutuskestävyys testataan Prall-menetelmällä. Jos massassa on käytetty modifioitua sideainetta, testataan se sivurullakulutuslaitteella. Tulosten perusteella valitaan kulutusluokka saatujen tulosten keskiarvosta. [Liite 13.] Asfalttimassan deformaatiokestävyyttä testataan virumiskokeella SFS-EN 12697 menetelmän mukaisesti. [Liite 14.] Asfalttimassan vedenkestävyys eli kiviaineksen ja sideaineen välinen tartuntakyky tutkitaan massasta valmistetuista koekappaleista halkaisuvetolujuusmenetelmällä. [Liite 15.] Asfalttimassan koostumus, täyttöaste ja tyhjätila tutkitaan SFS-EN 12697:n eri menetelmillä. [5, s.73-74.]



Kuva 30 . Kiviaineksen ja päällysteen tyhjätila.

Kuva 7. Kiviaineksen ja päällysteen tyhjätila [Asfalttinormit 2008]

Asfalttimassan sideainepitoisuus ja rakeisuus tutkitaan menetelmillä SFS-EN 12697-1 ja SFS-EN 12697-2. Massan täytyy olla tasalaatuista ja täyttää seossuhteille määrätyt vaatimukset. Massan rakeisuutta ja sideainepitoisuutta valvotaan tuotannonaikaisella laadunvarmistuksella. [Liite 16.] Asfalttimassan koostumus pitää olla sellainen, että levitettävä massa on työn aikana mahdollista tiivistää tavoitettiiveyteen. Kalusto ja tiivistystyö mitoitetaan massan tiivistettävyyden mukaan. Massanvalmistaja voi antaa arvion tiivistettävyydestä: helppo, normaali tai vaikeasti tiivistettävä. Asfalttimassan sekoitusajan pitää olla sellainen, että kiviainesrakeet ehtivät peittyä kokonaan ja tasaisesti sideaineella, ja että massa saavuttaa riittävän tasalaatuisuuden. Bitumiluokan valinta vaikuttaa olennaisesti asfalttimassan lämmittämiseen. [Liite 17.] [5, s.75-77.]

2.8 Valmiin asfalttipäällysteen laatuvaatimukset

Asfalttipäällysteille asetetaan urakka-asiakirjoissa laatuvaatimukset sen mukaan mitä ominaisuuksia päällystettävän kohteen liikennemäärät, käyttötarkoitus ja sijainti siltä edellyttävät. Numeeriset laatuvaatimukset esitetään tasalaatuisuuden, koostumuksen, massamäärän, tyhjätilan, tasaisuuden, kitkan, korkeusaseman ja kaltevuuden osalta. Kyseisiä vaatimuksia voidaan soveltaa päällysteelle, jonka paksuus kuumentamattomalla alustalla on vähintään 2,5-kertainen raekokoon nähden. [5, s.80.]



Kuva 8. Poranäytteitä lentokentältä [Lemminkäinen AM-AH, 2016 kesäkuu]

Massamäärä tutkitaan yleensä massapunnitusten avulla, mutta myös poranäytteiden keskiarvoa tai yksittäisen poranäytteen tulosta voidaan käyttää päällysteen tutkimuksessa (Kuva 8). Työkohteeseen levitettävä massamäärä ei saa alittaa tilattua määrää. Jos päällyste on tilattu tietyn paksuisena, päällyste arvostellaan mittaamalla sen paksuus. Massamäärä lasketaan menetelmän PANK 4201 mukaan. Poranäytteiden avulla selvitettävä massamäärä tutkitaan vähintään 12 kpl. Poranäytteiden massamäärän keskiarvo ei saa alittaa tilattua määrää yli 3 %. Sitomattomilla alustoilla yksittäisen poranäytteen massamäärän alitus saa olla enintään 20 kg/m^2 . [5, s.80.]

Tasalaatuisuus on tärkeä kriteeri asfalttipäällysteessä. Uudessa päällysteessä ei saa esiintyä halkeamia, rakeisuuslajittumista, tai sideaineen pintaan nousemista. Sideaineen pintaan nouseminen heikentää liikenneturvallisuutta ja kiviaineksen lajittuminen huonontaa päällysteen kestävyyttä. Edellä mainitut poikkeamat tarkastetaan valmiista päällysteestä silmämääräisesti. Jos päällysteessä esiintyy laajoja sideaineen pintaannousuja, tarkistetaan että se täyttää kitkavaatimukset ja liikenneturvallisuutta heikentävät alueet korjataan välittömästi. [5, s.81.]

Tiivistämättömät massanäytteet otetaan menetelmällä PANK 4007. Massanäytteiden sideainepitoisuuksien ja rakeisuuden sallitut poikkeamat arvostellaan joko yksittäisen näytteen tai keskiarvon mukaan (Liite 18). Tyhjätila kuvaa kuinka tiivis päällyste on. Päällysteen tyhjätilaa tutkitaan tieltä otetuilla poranäytteillä, radiometrisellä

menetelmällä, pistekohtaisella mittauksella tai päällystetutkamenetelmällä. [Liite 19] [5, s.81.]

Valmiin asfalttipäällysteen kitka mitataan sivukitkan mittausmenetelmän mukaan määrittä päällysteen pinnalta. Menetelmässä kitkaa mitataan autoon asennetulla mittauslaitteella, ajonopeudella 60 km/h. Kitkamittauslaite eli henkilöauton renkaan kokoinen mittauspyörä iskunvaimentimen ja jousien kanssa on asennettu kuorma-auton etu- ja taka-akselin väliin auton oikeanpuoleisten renkaiden ajolinjalle. Mittauksen aikana mittauslaitteen renkaaseen kohdistuvat voimat ja mittausdata välittyvät kuorma-auton ohjaamossa olevaan tietokoneeseen. Vaatimusten tulee täyttää liitteen 20 vaatimukset. Kitkamittauksissa tarkoituksena on etsiä vaatimusten alittavat sijainnit ja painottaa mittaukset sellaisiin kohtiin joissa päällysteen pinnassa on selkeää bitumin pintaan nousua ja päällysteen pinta erityisen sileä. [5, s.82–83.]

Päällysteessä ei saa esiintyä epätasaisuuksia, mitkä voivat aiheuttaa veden lammikoitumista päällysteen pinnalla. Työn aikana pintaa pitää tarkkailla pituus- ja poikkisuunnassa oikolaudan avulla [Liitteet 21 ja 22.] Uramittauksissa käytetään PTM-autoa, jossa yksittäisen 100m:n keskiarvon suurin sallittu syvyys saa olla 4 mm ja koko mitattavan kohteen keskiarvo 3 mm. Valmiin päällysteen viettokaltevuuden pitää olla riittävän suuri, ettei vesi pääse lammikoitumaan sen pinnalle. Poikkeuksena kohdat joissa viettokaltevuuden avulla veden virtaaminen ajoradan sivulle ei ole mahdollista, tehdään kuivatus pituuskaltevuudella. [Liite 23.] [5, s.84.]

Päällysteen kulumiskestävyys tutkitaan Prall-menetelmällä tieltä poratuista näytteistä tai modifioitua sideainetta käytettäessä SRK-menetelmällä. Laatuvaatimusten täyttyminen arvioidaan tulosten keskiarvojen perusteella. [Liite 24.] Asfalttipäällysteen deformaatiokestävyys arvioidaan poratuista näytteistä jaksollisella virumiskokeella standardin SFS-EN 12697-25 A mukaan. [Liite 25.]

Asfalttipäällysteen pakkaskestävyysvaatimus perustuu valmiissa lopputuotteessa käytettävään sideaineeseen. Sideaine valitaan päällysteen käyttöiän aikana esiintyvän alhaisimman arvioidun lämpötilan perusteella. Pakkaskestävän päällysteen sideaineena tulee käyttää pehmeää bitumia ja jos käyttökohde vaatii suurta pakkaskestävyyttä, niin sideaineeksi valitaan kumibitumi. [5, s.85.]

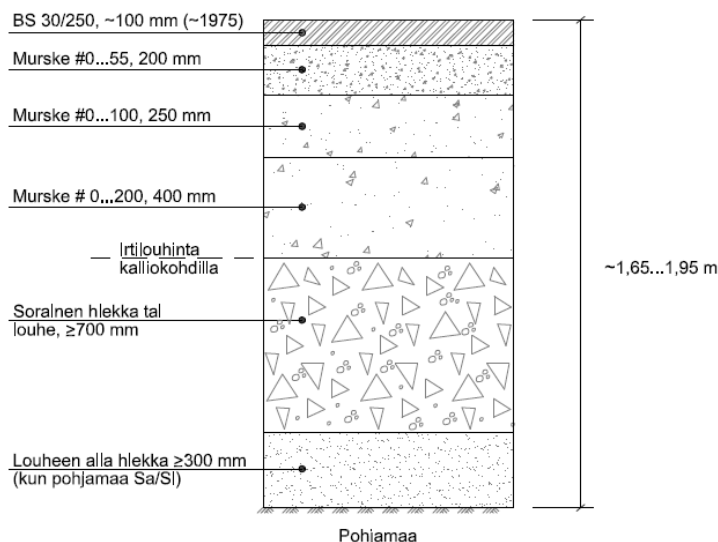
Päällysteen rengasmelutasoa pystytään vähentämään maksimiraekoon pienentämisellä, vaikuttamalla päällysteen huokoisuuteen ja huokoisen kerroksen paksuuteen sekä päällysteen jäykkyyteen. Pääosin pienemmän maksimiraekoon päällystetyypit ovat parhaita vaihtoehtoja hiljaisempaan rengasmelutasoon esimerkiksi SMA 8, AA 8 ja AB 8. Mittausnopeutena rengasmelumenetelmässä PANK 5210 on 50 km/h ja vaatimuksena $\leq 89,0$ dB (A)eq. [5, s.86–87.]

3 Päälysrakenteet HKI-Vantaa lentoasema-alueella

Päälysrakenteet ja niiden kantavuusvaatimukset valitaan Finavian lentoasema-alueilla toiminnallisten vaatimusten perusteella. Ensisijaisesti lentokoneiden seisontapaikoilla käytetään jäykkiä betonipäälysteitä. Kiitotiellä, rullaustiellä ja asematason alueella päälystetyyppi on niin sanottu joustava päälyste eli asfaltti. Asfalttipäälysteille voidaan jossain määrin sallia pieniä routanousuja, kuitenkin niin ettei päälyste menetä sen toimintakykyä tai vaurioidu liikaa. Päälysrakenteen routamitoituksessa voidaan lentoasema-alueella käyttää noin 30...60 mm, huomioitavana kiitoteillä käytettävä pienempi arvo ja muilla alueilla suurempi. [6, s.6.]

Liikennetiheys eli kuormituskertojen lukumäärä päälysrakenteen elinkaaren aikana on merkittävä tekijä päälysrakenteen paksuuteen. Kuormitusmäärä on luokiteltu kolmeen eri kategoriaan: low (10 000), medium (100 000) ja high (250 000). Esimerkiksi vähiten operoiduilla Suomen lentoasemilla kuten Kuusamon, Varkauden ja Ivalon tietyt alueet voivat jäädä low-kategoriaan ja niille sallitaan joko tietty määrä painavimpien laajarunkokoneiden ylityskertoja tai niiden operointi vain poikkeustapauksissa. Helsinki-Vantaan vilkkaimmin liikennöidyt alueet kuuluvat high-kategoriaan. Ylikuormitusta ei saa tapahtua päälysrakenteella jolla on jo merkkejä vaurioitumisesta, koska se voi merkittävästi lyhentää päälysrakenteen käyttöikää. Lisäksi ylikuormitusta olisi hyvä vältellä roudan sulamisaikana tai jos pohjamaan kantavuus on heikentynyt sen korkean vesipitoisuuden takia. Kiitotiet ja niille johtavat rullaustiet ovat erityisen raskaasti kuormitettuja alueita päälysrakenteelle. Tämä johtuu siitä että nousuun lähtevä kone on raskaimmillaan juuri täyteen tankattuna. [6, s.7.]

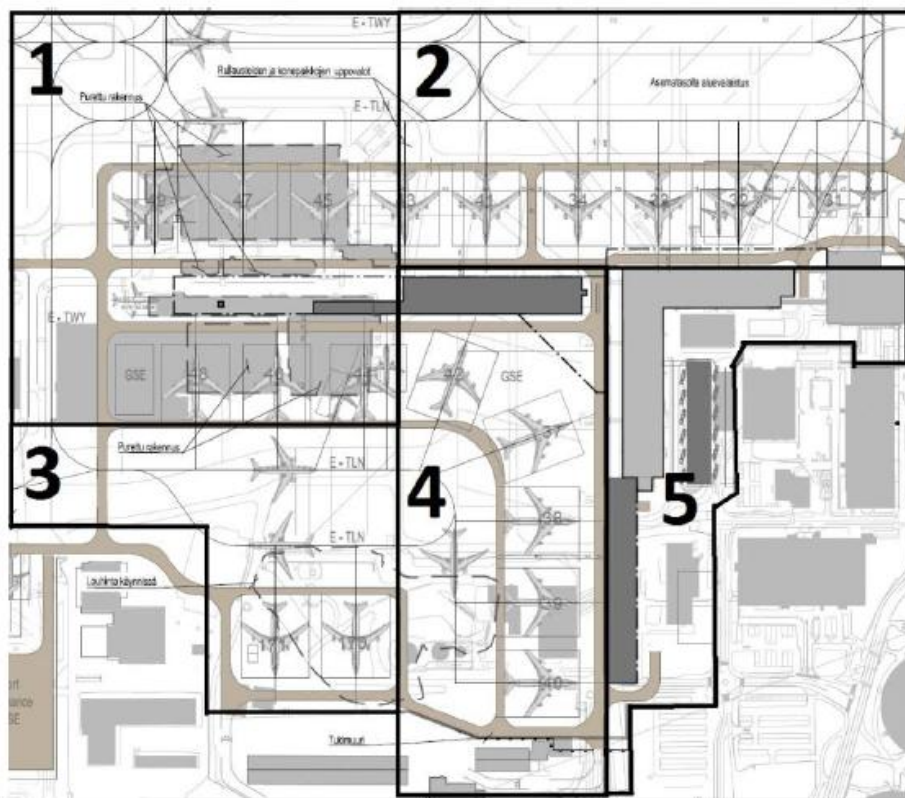
Päälysrakenteen elinkaarena käytetään asfalttipäälysteiden osalta 20 vuotta. Suomen olosuhteissa joudutaan pääsääntöisesti päälystettä kuitenkin 20 vuoden ajanjakson aikana korjaamaan useita kertoja ja erityisesti asfalttipäälysteen kulutuskerrosta. Myös lentokoneiden asematasoalue pitää mitoittaa päälysrakenteen osalta samalla tavalla kuin päärullaustie, koska koneiden sijoittumista eri seisontapaikoille on vaikea arvioida. Helsinki-Vantaan lentoasema-alueella olevat vanhat päälysrakenteet ovat aikoinaan 1970 ja 1980-luvulla mitoitettu ja rakennettu (Kuva 9) huomattavan ohuilla rakenteilla. Nykyään nämä rakenteet eivät täytä enää routamitoituksen kriteereitä ja uusien lentokoneiden kuormituksia riittävissä määrin. Salaojitus on tehty kuitenkin tarpeeksi laajalti alueilla, mikä osaltaan ehkäisee routimista rakenteissa. [6, s.6.]



Kuva 9. Vanha päällysrakennetyyppi HKI-Vantaa lentokentällä

Uusilla lentoliikennealueilla on Finavian periaatteiden mukaan käytetty sidottujen asfalttipäällysteiden (AB+ABS+ABK) kokonaispaksuutena 150 mm ja kantavana kerroksena käytetty kalliomursketta 0/56 200 mm rakennepaksuudella. [6, s.12.]

Asematason allianssiurakassa rakennettava alue on nykyistä lentoaseman asematasaaluetta tai kenttäalueen toimintoihin liittyvää aluetta. Alueelta on purettu vanhoja lentokonehalleja ja niiden perustuksia. Vanhojen päällysrakenteiden paksuudet vaihtelevat 1,1 metristä 2,0 metriin ja niitä on Finavian oman päällysrakennekuvan mukaan viisi erilaista rakennetyyppiä. Alueen pohjamaa vaihtelee alueittain paljon ja se voi olla silttiä, hiekaista silttiä, savea, moreenia, hiekkaa, soraa tai kalliota. [9, s.6.]



Kuva 10. Asematason allianssin urakka-alue

Alueella 1 (Kuva 10) sijaitsevat nykyiset päällysrakenteet ovat noin 1,1...1,95 metriä paksuja ja alueella on nykyisiä päällysrakenteita varten tehty irtilouhintaa. Alue 2 on rakennettua nykyistä asematasoa ja nykyiset konepaikat on perustettu maanvaraisesti. Nykyiset päällysrakenteet ovat rakennepaksuudeltaan noin 1,1...2 metriä. Suurimmassa osassa nykyisiä päällysrakenteita on päällystekerrosten ja kantavan kerroksen alapuolella vaihtelevan paksuinen kerros 0...600 mm louhetta. Alueella 3 on osittain rakennettua asematasoaluetta ja osittain muuhun käyttöön rakennettua tai rakentamatonta aluetta. Alue 4 on karkeasti jaoteltuna puoliksi rakennettua asematasoaluetta ja puoliksi muuhun käyttöön rakennettua aluetta. Alue 5 on asematason ulkopuolista rakennettua aluetta. [9, s.8.]

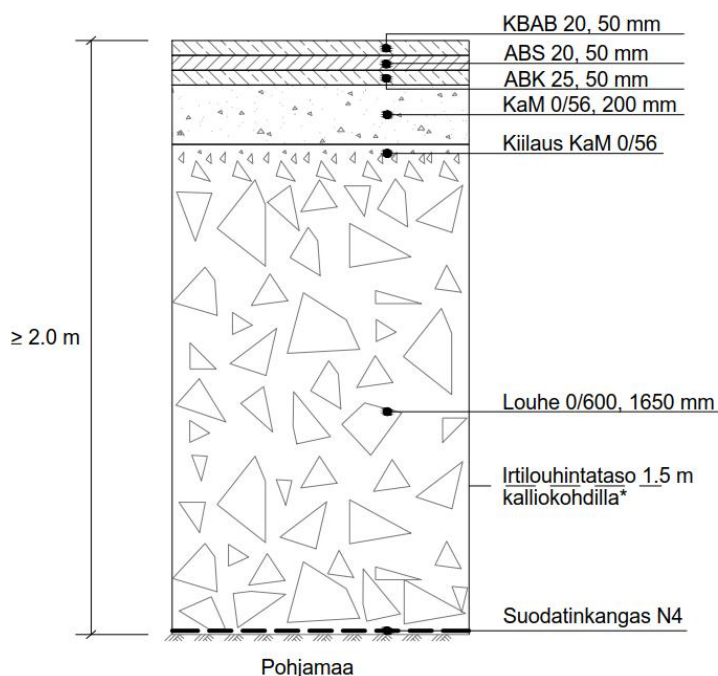
Vuoden 2017 loppuun mennessä Destia Oy oli saanut rakennustyöt valmiiksi alueella 3 ja suuren osan alueiden 1 ja 4 töistä. Erilaisia päällysrakennusratkaisuja allianssiurakassa on kaiken kaikkiaan 15 erilaista. Suuri määrä johtuu erilaisista alueista joihin tehdään muun muassa eristerakenne, lämmittämättömät ja lämmitetyt betonilaatat, lentokentän huoltoliikenne-alueet, aluuet joihin tehdään osittain uudet

rakennekerrokset, alueet missä tasaus muuttuu ja vähintään kantava kerros uusitaan sekä tehdään uudet päällystekerrokset.

3.1 Asematason allianssin päällysrakenteet

Jakavan kerroksen tekniset vaatimukset toteutuksen ja materiaalin osalta on samat kuin InfraRYL 2010-ohjeessa. Lisäksi noudatetaan tarkentavana ohjeena asematason allianssihankkeen työselostuksia ja suunnitelmia. Jakava kerros rakennetaan suhteistuneesta louheesta ja sillä tarkoitetaan louherakenteen kiilattua yläosaa. Jakavan kerroksen materiaali saadaan urakan aikana louhittavasta sekä rakennuttajan varastosta saatavasta louheesta ja kalliomurskeesta. Lohkareen suurimpana halkaisijana saa olla 600 mm. KaM 0/180 käytetään alueilla jossa jakava kerros kapenee alle 0,9 metrin tai riittävän paksuinen louhelaatikko ohenee alle 1,5 metrin levyiseksi. Jakavan kerroksen alle asennetaan suunnitelmien mukainen suodatinkangas eli louherakenteen mukainen N4. [7.]

Rakennetyyppi 1a:
Rakennettavat tai uusittavat asfalttipäällysteiset
lentoliikennealueet, joille ei tehdä eristerakennetta



Kuva 11. Asematason allianssin päällysrakenne ilman eristerakennetta

Jakava kerros rakennetaan niin että louhe työnnetään puskutraktorilla rakennettavan kerroksen pinnalta alaspäin. Alueilla joista louhepenger poistetaan, tehdään kiilaus, tasaus ja tiivistäminen suunnitelmien mukaiseen kantavan kerroksen alapintaan. Louheesta tehdyn jakavan kerroksen yläpinta kiilataan kalliomurskeella 0/56. Työn aikana seurataan, että käytettävät materiaalit pääse lajittumaan kasalla varastoinnin aikana, kuljettamisen tai levittämisen yhteydessä. Erityisesti kasan oikeaoppiseen tekemiseen on syytä kiinnittää huomiota, sillä jos murske on lajittunut eli tasarakeista ja tiettyä raekokoa, kantavuusvaatimusten täyttyminen sekä kerroksen tiivistäminen vaikeutuu. Tämän asian kanssa allianssiurakassa on ollut välillä haasteita ja se on huomattu etenkin kantavan kerroksen levykuormituskokeita tehtäessä. Myös murskeen rakeisuuskäyrien pysyminen ohjearvojen sisällä on tärkeää työn onnistuneen toteutuksen kannalta. [9, s.21.]

Kantava kerros rakennetaan 0/56 kalliomurskeesta ja sen ylin 50 mm osa viimeistellään tarvittaessa KaM 0/32 tasauksen pinnan viimeistelyn helpottamiseksi. Kantava kerros pitää rakentaa lumettomalle ja jäättömälle murske-tai kiilatulle louhealustalle. Kantava kerros tiivistetään yhtenä kerroksena oikeanlaisella tiivistyskalustolla. Kantavan kerroksen paksuus on yleensä vähintään 200 mm tai 140 mm niillä alueilla missä sidottuihin kerroksiin on tehty lisä ABK-kerros. Ennen kantavan tekoa tarkistetaan jakavan kerroksen taso, pintojen muodot ja leveys sekä tehdään tarvittaessa korjaavat toimenpiteet. Ennen päällystyksen aloittamista ylimääräisen raskaan työmaaliikenteen pääsy on estettävä kantavan kerroksen päällä. [8.]

3.2 Laadunvarmistus

Päällysrakenteiden laadunvarmistus on suuressa roolissa allianssiurakan sisältäessä yli 1 000 000 m² päällystepohjia. Allianssiurakassa murskeen rakeisuus tutkitaan standardin SFS-EN 933-1 mukaisesti pesuseulontamenetelmällä. Näytteitä otetaan tiheästi yksi jokaista työvuoroa kohden. [Liite 26.]

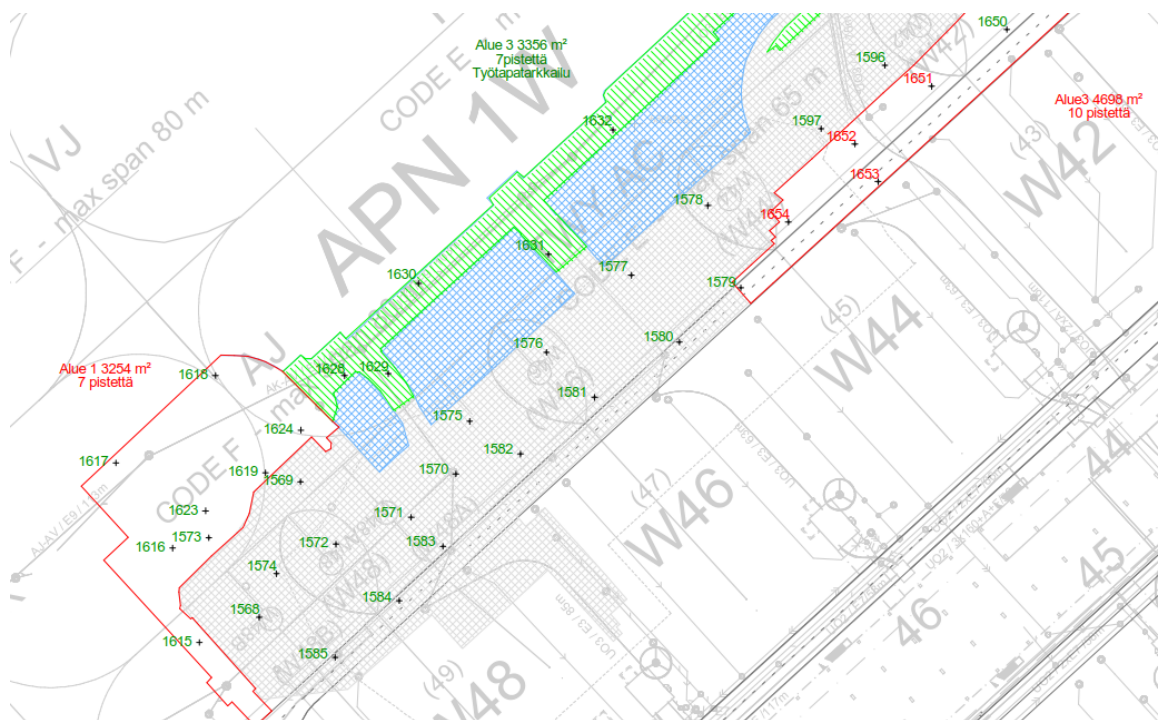


Kuva 12. Jakavan kerroksen levykuormituskoe

Jakavan kerroksen yläpinta eli 0/56 kalliomurskeella kiilattu pinta rakennetaan taulukon 1. vaatimusten mukaisesti. Finavian määrittelemä lentoliikennealueilla olevan jakavan kerroksen kantavuusvaatimus levykuormituskokeella (Kuva 12) on $E_2 \geq 165 \text{ MPa}$. Suhdeluvun vaatimus on $E_2/E_1 \leq 2,2$. Levykuormituskokeita tehdään vähintään yksi kappale jokaista alkavaa 1000 m^2 kohden. Jakavan kerroksen suunnitelmien mukainen korkeustaso varmistetaan täkymetrimittauksella. Toleranssina on plus- ja miinus 30 millimetriä kohtisuorana poikkeamana. Jos kantavuudet eivät mittauspisteessä täytä vaatimuksia, pintaa kaivetaan kaivinkoneen kauhalla hieman auki ja tiivistetään jyrällä ilman täryä uudestaan. [9, s.22.]

Kantavan kerroksen osalta murskeen laadunvarmistustoimenpiteet ovat samat kuin jakavassa kerroksessa ja valmiin pinnan vaatimukset taulukon 3. mukaiset, poikkeuksena kuitenkin, ettei valmiin rakenteen yläpinnan kaltevuuden poikkeamaa sallita ollenkaan. Kantavan kerroksen kantavuusvaatimukset levykuormituskokeilla ovat $E_2 \text{ min. } \geq 210 \text{ MPa}$. Suhdeluvun osalta vaatimus on $E_2/E_1 \leq 2,2$. Kantavassa kerroksessa kokeita tehdään kaksi kertaa enemmän mitä jakavassa, vähintään yksi koe alkavaa 500 m^2 päällystettävää aluetta kohden. [9, s.23.]

Allianssiurakassa levykuormitusalueiden ja mittauspisteiden määrittäminen tehdään yhteisesti sovittujen tapojen mukaisesti. Tällä tavalla varmistetaan rakennekerrosten laatu parhaiten. Työmaa-alue lohkotaan ja ruudutetaan valmiiksi projektitoimistolla mittausosaston toimesta. Mittamies ja työnjohto merkitsevät pisteet maastoon ja käyvät yhdessä läpi merkatut pisteet. Levykuormituskokeiden mittauspisteet määritellään valmiiksi karttapohjalle (Kuva 13), josta käy ilmi myös vesihuolto- ja kaapelilinjat, koska näillä alueilla on vaikutus kantavuusmittauksiin. Levykuormituskokeet otetaan karttapohjan mukaisilta ennalta määrätyiltä pisteiltä. Pisteiden sijainti määritetään pääosin kriittisille paikoille, missä lentokoneiden pyöräkuormat ovat suurimmat. Kokeen aikana paikalla on tilaajan edustaja, mittamies, Destian työnjohtaja ja kantavuusmittauksen suorittava aliurakoitsija.



Kuva 13. Levykuormituskokeiden mittauspisteiden kartta

Jokaiselta mitattavalta alueelta tehdään oma pöytäkirja selkeyden vuoksi. Jos mittauspisteiden joukossa on vaatimusten alittavia tuloksia, mitataan nämä pisteet myöhemmin uudestaan omana pöytäkirjanaan. Sääolosuhteilla on vaikutus mittaustuloksiin ja kun murske on märkää, on kantavuuksia vaikeampi saavuttaa. Kun kaikki mittauspisteet ovat saavuttaneet vaatimukset, kootaan kyseisen alueen mittauspöytäkirjat yhteen ja toimitetaan tilaajalle. Ennen kantavan kerroksen tekoa pidetään katselmus, jossa käydään läpi jakavan kerroksen kantavuusmittaukset,

valmiin pinnan tarkemittaukset ja karttapohja. Karttapohjasta ilmenee mittauspisteet ja vähimmäispisteiden määrä alueelta pinta-alan mukaan. Kantavan kerroksen osalta menettely on sama, päällystystä ei voida aloittaa ennen yhteisesti hyväksyttyä katselmusta.

3.3 Asfaltin laatuvaatimukset allianssihankkeessa

Ennen allianssiurakan päällystysten alkamista valittiin tarjouskilpailulla sopivin kiviaines lentokentän päällysteeseen. Tutkimuksessa testattiin kiviaineksista valmistettujen asfalttikoekappaleiden halkaisuvetolujuudet märkänä ja kuivana sekä niiden perusteella laskettu vedenkestävyyskerroin eli muutos kuivan ja märän halkaisuvetolujuuden välillä, joka ei saa olla liian suuri. Tutkimuksessa käytetyllä avoimella AA 12 asfalttimassalla 80% on riittävä arvo vedenkestävyykselle. Samassa tutkimuksessa laskettiin myös koekappaleiden halkaisuvetojäykkyys, joka kertoo kiven lujuudesta, toiminnasta vedenrasituksessa ja kuormansiirtokyvystä. Halkaisuvetolujuus märkänä on tärkeä ominaisuus, sillä se kertoo miten hyvin bitumi ja kiviaines toimivat yhdessä kosteissa olosuhteissa. Halkaisuvetojäykkyys on tärkeä kriteeri etenkin lentoasemalla, missä kuormat ovat normaali suuremmat. Mitä pienempi muodonmuutos, sitä jäykempi päällyste on samalla murtokuormalla mitattuna. Jäykempi päällyste on hyvä asia päällysrakenteen toimivuuden kannalta juuri lentoasema-alueella. [15, s.1.]

Kuulamyly ja Los Angeles -arvot kertovat kiven iskun- ja kulutuskestävyydestä. Yhdessä arvioituna nämä arvot kertovat kiven mekaanisesta lujuudesta hiertävää ja iskevää rasitusta vastaan. Kiviaineksen Los Angeles -luvun täytyy olla ≤ 25 ja kuulamylykokeen tulos vähintään 2. luokan tasoa. Kiviaineksen petrografinen eli mineraalinen koostumus on tärkeä tekijä Suomen ilmastosta johtuen. Kivien rapautuminen on hyvin yleistä. Eri mineraaleilla on erilaiset lämpölaajenemiskertoimet, jotka voivat aiheuttaa rapautumista. Lentokentän kiviaineksen tutkimuksissa parhaan tuloksen saaneen kiviaineksen mineraalirakenne oli tasalaatuinen. [15, s.1.]

Lentokentällä käytettävä asfaltti sisältää kiviaineksen, sideaineen ja fillerin. Kiviaines tulisi mielellään olla samaa murskauserää. Laatuvaatimukset lentokentällä määräytyvät pääosin kiviaineksen ominaisuuksien perusteella. Lentokentällä käytettävän asfaltin käyttöikä kiitoteilla on minimissään 10 vuotta sekä asematasolla ja rullausteilla vähintään 15 vuotta ilman laajempia asfalttipinnan korjauksia. Marshall stabiliteetti -

vaatimus on > 8 kN ja Marshall flow -vaatimus on < 4 mm. Päällysteen tyhjätalivaatimuksena on 2-4 % kiitoteillä ja 1-2% asematasolla ja rullausteillä. Märkäkitka 65 km/h nopeudella ja 1 mm:n vesikerroksella mitattuna on 0,70. Asfalttipinnan kohokuvion täytyy olla vähintään 0,8 mm kaikilla lentoliikennealueilla. Tärkeä kriteeri on, myös ettei kivien irtoamista asfaltista saa tapahtua, koska siitä syntyy FOD-vaara lentokoneille. [10, s.2.]



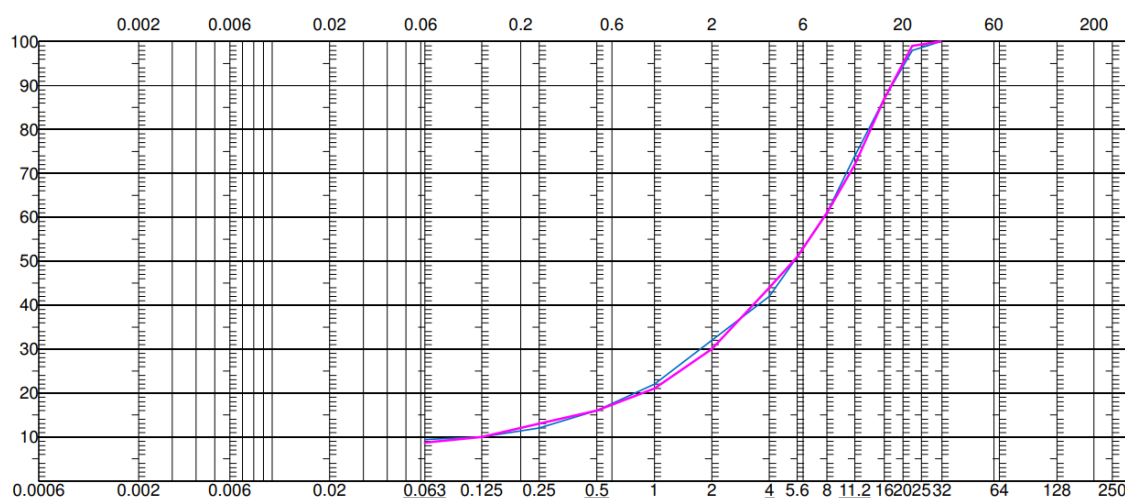
Kuva 14. ABK-kerroksen levitys [Destia, 2017]

Lentokenttäpäällysteen runkomateriaali muodostuu aina vähintään kolmesta kiviaineksesta ja kalkkifilleristä. Vähintään 4% hienoaineksesta pitää olla kalkkifilleriä. Lentotuhkan käyttäminen asfaltissa ei ole sallittua ja kiviaineksen luonnonfillerin tasalaatuisuutta pitää valvoa työn aikana. Asfaltissa käytettävän kiviaineksen rakeisuuskäyrä on määritetty tarkasti stabiliteetti ja kitkavaatimusten takia. Luonnonhiekkaa eikä kierrätysasfalttia saa käyttää lentokenttäpäällysteessä. Kiviaineksen murskautuneisuuden täytyy olla 100 % kitka- ja stabiliteettivaatimusten vuoksi. Murskaamisessa vaatimuksena on käyttää kolmivaihemurskainta, jossa on keulan jälkeen välppä joka poistaa yli 56 mm kiviaineksen. [10, s.2.]

Vedenkestävyysarvo AA12-massalla ilman tartuketta > 80 . Kiviaineksen toimittajan tulee esittää käytettävästä kiviaineksesta kiintotiheys, pH ja petrografinen analyysi. Muotovaatimuksena päällystekiviainekselle on vähintään muotoluokan 2. mukainen liuskeisuus. Käytettävän asfaltin kiviaineksen pitää olla kubisoitua eli

keskipakomurskaimella muotoiltu kiviaines neliskanttiseksi terävyyden poistamiseksi, vaikka muotovaatimus täyttyisikin. Sideaineen laatuvaatimukset lentokentällä on määritetty liitteen 27 mukaan. Lentokentän päällystekiviaineekselta ei vaadita juuri huippuluokan lujuuksia, mutta kiviaineen rapautumisalttius ja rakeisuuskäyrä ovat laatutekijöitä mihin kiinnitetään erityisesti huomiota. Herkästi rapautuva kiviaines ei sovellu lentoasema-alueelle ja sitä ei saa käyttää lentokenttäpäällysteissä. Rapautumisherkyys määritetään geologin lausunnon perusteella, ja arviointi tehdään ohuthietarkkailun perusteella. [10, s.2-3.]

Kumibitumiasfaltin (KBAB) vaatimuksina ovat CE-merkintä ja DoP-suoritusasoilmoitus. Materiaalin tuotannosta on dokumentoitava PmB:n säilyvyysaika. Varastosäiliön pitää olla varustettu sekoittajalla tai kierrolla, jotta kumi ei erottuisi. Sekoitustilana on 185-190 °C ja varastointilämpötilan vaatimukset ovat 175-180 °C. Polymeerimodifioidun bitumin (PmB) vaatimuksina on dokumentointi säilytyksestä, lämpötiloista, varastoinnista ja kaikesta muusta mikä vaikuttaa lopputuotteen laatuun. [10, s.3.]



Kuva 15. Allianssiurakan KBAB 22 rakeisuuskäyrä

Lentokentällä käytettävän kiviaineen vaatimuksena on toiminnallinen suhteitustutkimus. CE-merkki tai kokemusperäinen suhteutus ei riitä. ABK25, AB12, AB16 ja ABS20 asfalttimassojen suhteituksen ohjeavot pitää määrittää laboratoriotutkimuksella noudattaen lentokenttäpäällysteohjeen määräyksiä (Liitteet 28, 29 ja 30). Suhteitustutkimuksessa tutkitaan lisäksi asfalttimassan deformaatiokestävyys, vedenkestävyys, pakkaskestävyys ja lentokentällä käytettävien

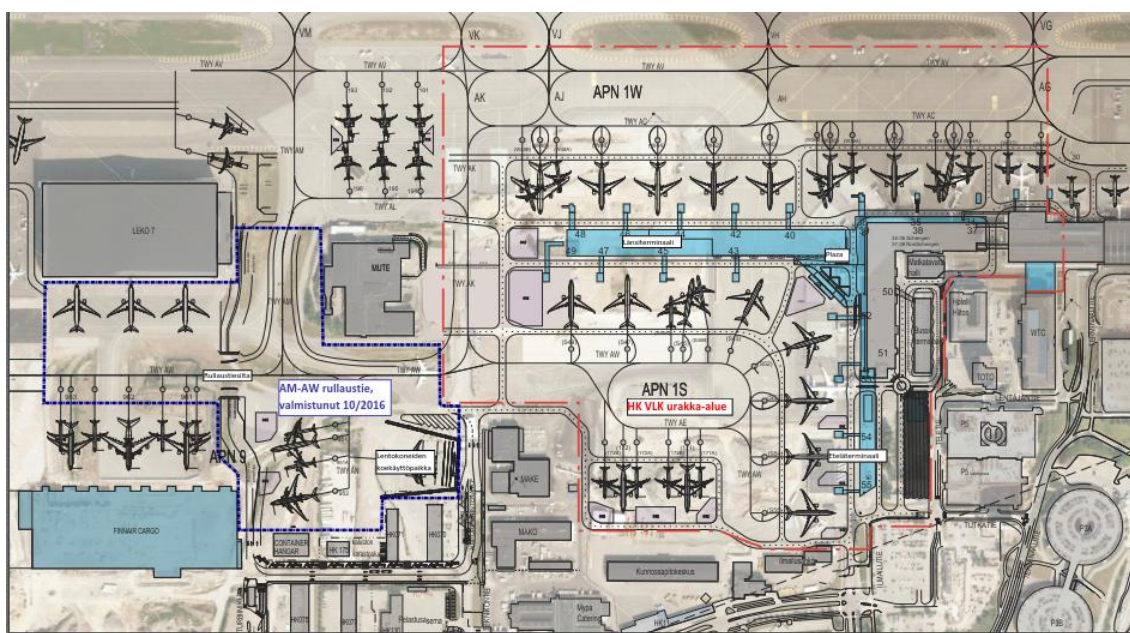
kemikaalien rasituskestävyys. Deformaatiokestävyys jaksollisessa virumiskokeessa pitää olla $\leq 2,0$ ja pyöräurituskokeessa vaatimuksena on alku-ura enintään 1,0 mm ja kokonaisura enintään 4,0 mm. Pakkaskestävyyden pitää olla $< -30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kiviaineksen kemikaalikestävyys tutkitaan prEN 12697–41-normin mukaan. ABS22 sidekerroksen suhteitusohje esimerkkinä liitteen 31 mukaan. [10, s.4.]

Asfalttipinnan tasaisuuden vaatimuksena suurin sallittu yksittäinen epätasaisuus pituus- ja poikkisuunnassa on 5 m:n oikolaudalla mitattuna 6 mm ja 3 m:n oikolaudalla mitattuna 3 mm. Kiitoteillä suurin sallittu epätasaisuusluku 1,3 mm/m ja asematasolla sekä rullausteilla on 1,4 mm/m. Laadunvarmistusjärjestelmän käytöstä sovitaan yhteisesti ennen toteutuksen alkamista. Urakkaohjelman ohjeiden mukaan joko rakennuttaja tai urakoitsija on vastuussa asfalttiasemalta tulevien massanäytteiden ottamisesta. Asfalttitehtaalta vaaditaan vähintään 240 tn/h tehoa. [10, s.6.]

Asfalttimassan levittämiseen vaaditaan lentokentällä tela-alusteinen levittäjä vähintään 6,5 metrin leveydellä. Jiirien tekoa varten tulee varustautua kahdella pyörä-alustaisella levittimellä. Levittimissä pitää olla saumanlämmitin, jotta saumaukset voidaan toteuttaa kuumasaumoina. Asfalttimassan tiivistämisessä vaatimuksena on vähintään kolmen jyrän käyttö, joista yhden pitää olla kumipyöräjyrä (20t) varustettuna pyörien lämmityksellä. Jos levitettyä pintamassaa ei onnistuta saamaan suunnitelmien vaatimaan tasoon ja kaltevuuteen, pitää päällystetty osuus purkaa ja tehdä uudelleen. Lentokentällä erikoisuutena ovat lisäksi rosteriset sähköjohtojen suoja-putket, jotka jyrsitään asfalttiin urien sisälle. [Liite 32.] Urat täytetään lopuksi valuasfaltilla asfaltin sidekerroksen tasoon. [10, s.7-8.]

4 Betonipäälysteiset rakenteet lentoasema-alueella

Betonipäälysteiset pintarakenteet asematason allianssihankkeessa ovat lentokoneiden seisontapaikkoina toimivia raudoitettuja betonilaattoja. Lentokoneet ovat konepaikkojen betonilaatoilla pysäköitynä huoltoa, lastausta ja tankkausta varten. Laattojen koko vaihtelee 2300–4000 m² välillä riippuen onko laatta suunniteltu käytettäväksi isommaksi Mars-paikaksi johon mahtuu kaksi pienempää lentokonetta. Betonilaattojen paksuus on pääosin 280 mm, poikkeuksena kahden bussipaikan eli mihin matkustajat kuljetetaan busseilla eikä suoraan matkustajasillan kautta, laatan paksuus on 350 mm. Betonipintaisia päälysrakennetyyppejä on viisi erilaista riippuen onko laatta lämmitetty, lämmittämätön, tehdäänkö eristerakennetta ja onko laatan paksuus 280 mm vai 350 mm. Kuvan 13. päälysrakennetyyppiä käytetään yli 15 lentokoneen seisontapaikassa ja se on yhdessä lämmitetyn, 50 mm paksun XPS-eristeen olevan rakennetyypin kanssa yleisin betonipintainen päälysrakenne allianssiurakassa. Laatat on lämmitetty tietyiltä osin laattojen sisällä kiertävillä lämmitysputkilla, jotka toimivat laatan lumensulatusjärjestelmänä. Yhteensä asematason alueella betonilaattoja rakennetaan 18 kappaletta (Kuva 16), yhteispinta-alan ollessa noin 60 000 m².



Kuva 16. Ilmakuva allianssiurakan urakka-alueesta [Destia, 2016]

Asematason allianssissa käytettäviin betonirakenteiden laatuun ja ominaisuuksiin kiinnitetään erityishuomiota, jotta betonin vaativat laatuvaatimukset täyttyvät lentoasema-alueella. Betonimassalla pitää olla tiivistettynä ja kovettuneena

ominaisuudet, joilla täytetään suunnitelmien ja noudatettavien asiakirjojen vaadittavat ominaisuudet. Haasteita laattojen betonoinnissa ovat niiden suuret koot, minkä takia niitä ei voi tehdä laserkoneella vaan käsityönä linjaroimalla tasolaserien avulla. Lisäksi laattojen suuri koko tuo haasteita huonoissa valuolosuhteissa, koska lähes 4000 m² liikuteltavan sääsuojan tekeminen on kustannuksiltaan ja käytön kannalta epäkäytännöllinen. Aurinkoinen ja tuulinen keli on pahin sääolosuhde laatan valun kannalta, sillä nämä vaikuttavat haitallisesti lujuudenkehityksessä vaadittavaan kosteuteen. Yksi keino on tehdä laatan betonoinnit yöllä, jolloin kosteus on optimaalinen eikä aurinko vaikuta haittaavasti betonin lujuudenkehitykseen. [9, s.24.]

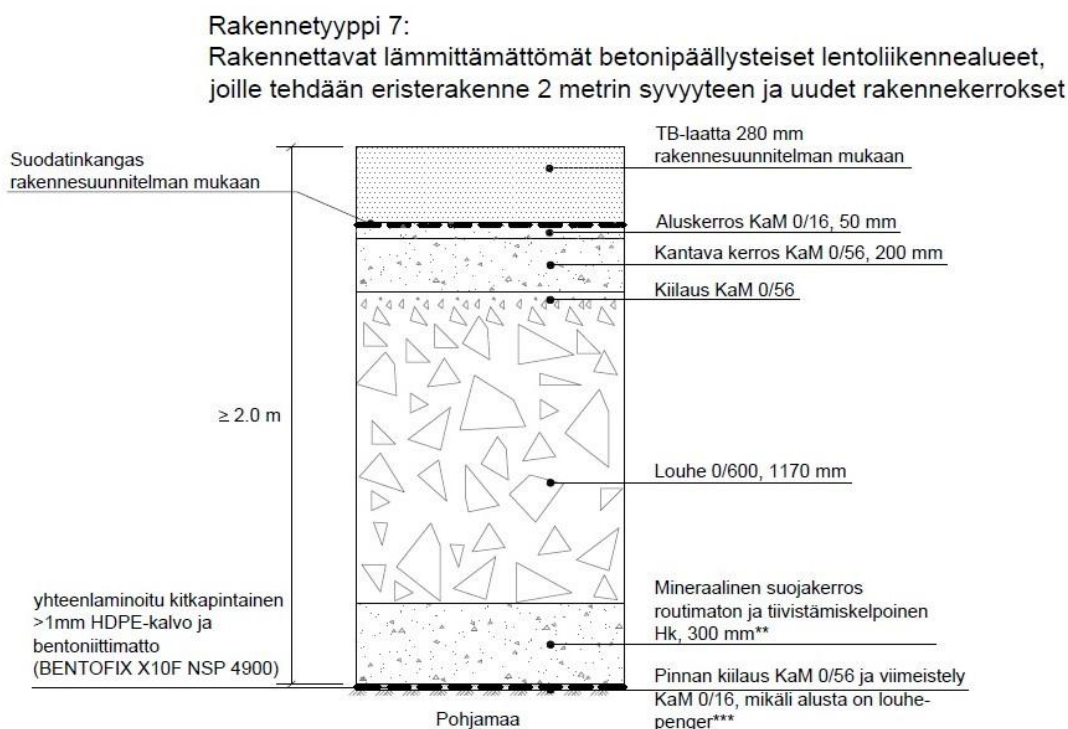
Betonille asetettavat vähimmäisvaatimukset:

- Materiaalit, valmistus ja laadunvalvonta BY50 2012 mukaan
 - Lujuusluokka C40/50, BY50 2012 mukainen luokka 1
 - Massan notkeusluokka S2, painuma 50...90 mm
 - Suurin kiviaineksen raekoko on 16 mm (graniittiseppi tai sora)
 - Rasitusluokat BY50 2012 mukaan XC4, XD3, XF4 ja XA2
 - Sementti Portlandsementtiä CEM I SR (sulfaatinkestävää)
 - Silikaa, lentotuhkaa ja kuonaa ei saa käyttää
 - Betonimassan työstettävyyssäika määritetään käytettävissä olevan kaluston ja henkilöresurssien mukaan.
 - Pinnan kulutuskestävyys By 45 betonilattiat 2014 luokan 2 mukaan
 - Betonia notkistetaan tarvittaessa nesteyttimellä veden vähentämiseksi.
- [9, s.24.]

Betonissa käytettävän kiviaineksen pitää olla kivilajia, jolla on hyvät mekaaniset ominaisuudet, kuten lujuus, sitkeys, kulutuskestävyys ja pakkaskestävyys. Betonin täytyy myös kestää kemiallisia aineita mitä käytetään lentokoneiden konepaikoilla: Glykolia, sulfaatteja, kaliumasetaatteja, kaliumformiaatteja, kerosiinia sekä hydraulij- ja moottoriöljyä. Betonin valmistuksessa käytettävän veden pitää olla puhdasta betonin valmistamiseen sopivaa vettä eikä sen kloridipitoisuus saa ylittää arvoa 0,02 painoprosenttia. Lisäaineiden vaatimuksena on CE-merkintä ja käyttäminen By 50 2012 kohdan 4.1.1.1 e mukaista. Betoniterästen ja raudotteiden pitää täyttää SFS-standardin vaatimukset sekä olla sertifioituja. [9, s.25.]

4.1 Betonilaattojen toteutus

Betonipäällyste rakennetaan kantavan kerroksen murskeen päälle suunnitelmapiirustusten mukaisesti (Kuva 17). Laatan alustaksi tiivistetään tasauskerros 50 mm kalliomurskeella 0/16. Murskeen tai lämmitetyllä laatan osalla väliin laitetaan suodatinkangas N3 ja bentoniitimatto suunnitelmien mukaisesti. Suodatinkankaat asennetaan kaistoina betonin valusuuntaan nähden. Ennen betonivalun aloitusta bentoniittimatot täytyy kastella vedellä ja märkien mattojen päällä ei saa kävellä. Ennen laatan betonointia täytyy varmistaa että alusta on rakennettu oikeaan tasoon ja kaltevuuteen. Jäätyneelle alustalle ei saa betonoida. Laatan muotit rakennetaan vanerista merkityiden kulmapisteiden mukaiseen korkoon. Muotit käsitellään ennen valua, etteivät ne pääse tarttumaan betoniin valun yhteydessä. Muotit eivät saa taipua ja ne pitää tukea hyvin, koska betonipinnan viimeistelyhiertokone liikkuu sivumuottien päällä. Muotit puretaan vahingoittamatta betonoitua rakennetta, kun betoni on saavuttanut purkulujuuden vähintään 15 MN/m². [9, s.27.]



Kuva 17. Betonipintainen päällysrakenne [Finavia/Sito]

Raudoitustöissä varmistetaan että raudoitus suunnitelma on laadittu ja hyväksytetty tilaajalla sekä edellisten työvaiheet on tehty. Raudoitus suunnitelman tulee täyttää

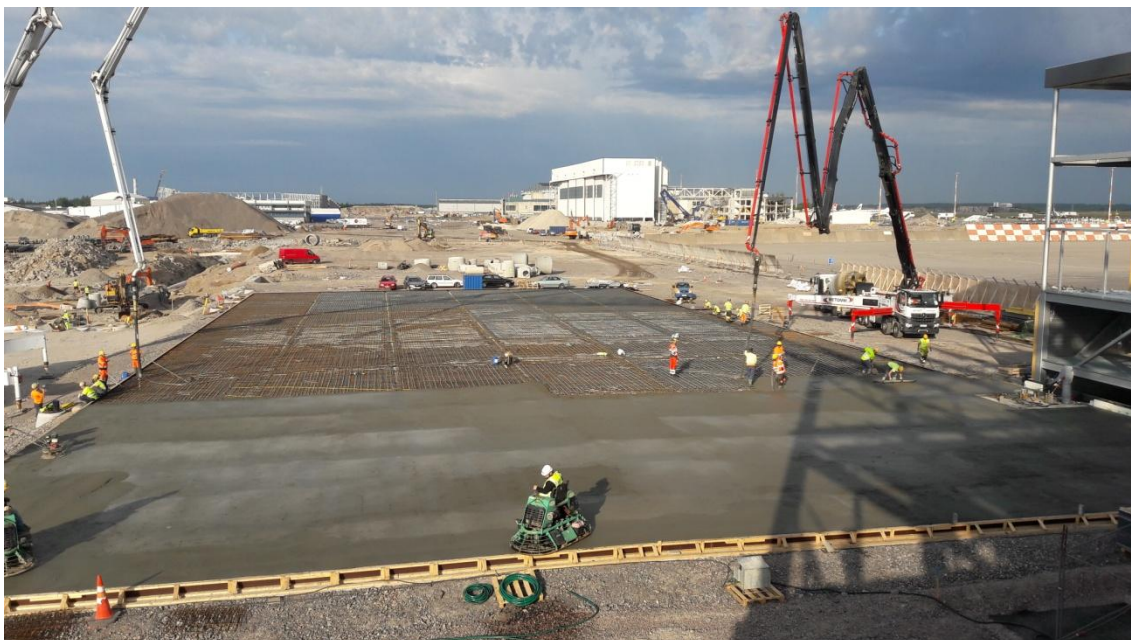
suunnitelmien ja BY50 kohtien 4.2.3 ja 4.2.7 vaatimukset. Terästen sijainnin pitää täyttää BY50 rakenneluokan 1 vaatimukset. Terästen sijaintipoikkeamat poikkileikkauksen pienemmässä suunnassa saa olla ± 5 mm ja suuremmassa suunnassa ± 20 mm. Teräket ja raudoitteet käsitellään, niin etteivät ne pääse vaurioitumaan kuljetuksen, varastoinnin tai työn aikana. Raudoitteet sidotaan sinkityillä sidelangoilla niin että ne eivät pääse liikkumaan valun aikana. Myös lämmitysputkien sidonta raudoitukseen on tehtävä ettei putket pääse liikkumaan valun aikana. Raudoitus tuetaan suunnitelmien mukaan ja asennetaan riittävästi väliskeitä, jotta suunnitelman mukainen asema varmistetaan. Työntekijät tarkastavat raudoitusta työn aikana ja työn valmistuttua. Valmiista raudoituksesta tehdään raudoitustarkastus ja laaditaan pöytäkirja. [9, s.28.]

Jokaisesta betonivalusta laaditaan By 50 kohdan 4.2.4.1 mukaisesti betonointisuunnitelma. Suunnitelma tarkastetaan aina ennen rakenteen valua. Ennen valun aloittamista täytyy huomioida tietyt asioita, jotta valmis rakenne täyttää laatuvaatimukset. Laatan valu tehdään kokonaan valmiiksi yhdessä osassa, eikä taukoja pidetä, joten on tärkeää saada jokainen työvaihe onnistumaan ongelmitta. Betoni kuljetetaan työmaalle sekoitin- tai pyörintasäiliö autoilla, jotta vältetään haitalliselta massan sitoutumiselta ja erottumiselta kuljetuksen aikana. Betonointinopeus on noin 70-140 m³/h laatan koosta riippuen, mikä pitää huomioida, kun ylitetään lentokentän rullaustie työmaalle pääsemiseksi, koska ruuhka-aikoina betoniautot voivat joutua odottamaan liian kauan ennen valupaikalle pääsyä. [9, s.29.]

Betonin lujuuden ja lämpötilan kehittymistä seurataan valun aikana tarkasti muun muassa lämpötila-antureilla. Valun aikaiset sähkökatkot ja betonikaluston rikkoontumiset täytyy ottaa huomioon myös. Aggregaatilla varaudutaan sähkökatkoihin ja betonoinnin varakalustolla kaluston ongelmiin valun aikana. Betonin toimituksen katkoihin varaudutaan hyödyntämällä ongelman sattuessa betonin vara-asemia, jotta valun aikana ei tule haitallisia katkoja. Kylmällä säällä betonoitaessa pitää kiinnittää huomiota veden ja runkoaineen sekä alusrakenteen lämmitykseen. [11.]

Betonin pumppaaminen tapahtuu laatan keskeltä alkaen edeten molempiin päihin. Massa vastaanotetaan jokaisesta pumpusta työryhmälle, joka hoitaa tiivistämisen. Pumppuja on käytössä neljä kappaletta jos kyseessä on isompi noin 4000 m² laatta ja pienemmässä noin 2300 m² laatasta pumppuja on kaksi kappaletta. Betonimassa tiivistetään huolellisesti suurtaajuussauvoilla kahdessa noin 140 mm:n kerroksessa.

Erityishuomiota pitää kiinnittää että betonimassa tiivistetään kauttaaltaan ja saumaterästen kohdalla huolehdittava ettei niiden asento muutu. Pinnat tasataan korkoon, linjaroimalla muotteihin merkityillä koroilla joita seurataan kahdella laserilla. [11.]

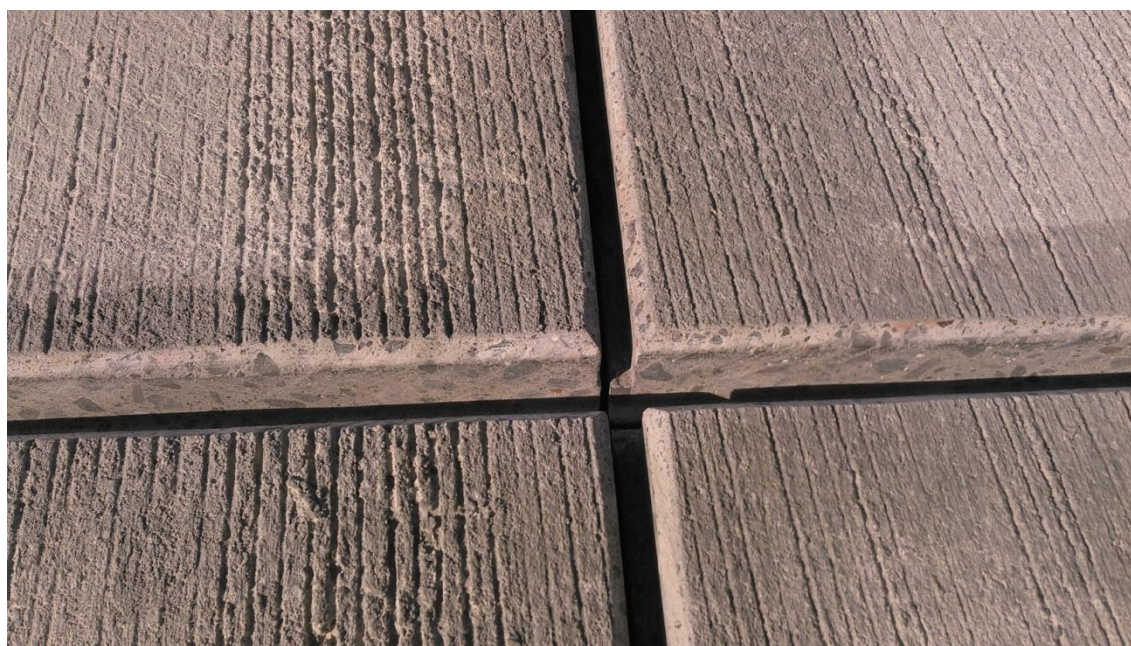


Kuva 18. Konepaikka 38, kooltaan 2300m² betonilaatan valu ja pinnan hierto koneellisesti [Destia, 2016 toukokuu]

Pinnan täryttäminen tehdään tärypalkilla heti valun tiivistämisen jälkeen minkä jälkeen betonin pinnalle ruiskutetaan välittömästi välihoitoaine veden haihtumisen estoksi. Valupinnat suojataan kuivumiselta ja tarvittaessa myös lämpösuojataan lämpötilan vaihteluiden kurissapitämiseksi, jotta pinnan halkeilu vältetään ja betonin lujuuden kehittyminen varmistuu. Betonin pinnalle tehdään koneellisesti puuhierto (Kuva 18), jonka jälkeen levitetään jälkihoitoaine. Pintaa ei saa hiertää liian aikaisin vaan oikea aika on kun pintaan erottuva vesi on poistunut eikä hierto enää nosta sitä pintaan. Jälkihoitoaine estää veden haihtumisen vesimäärän ollessa pienempi kuin 550 g/m², 72 tunnin aikajaksolla. Heti avarrinsahausten jälkeen voidaan aloittaa pinnan märkäjälkihoito solumuovipeitteellä lämpötilaerojen tasaamiseksi vähintään 14 vuorokauden ajan. [9, s.30.]

Saumat ovat tärkeä betonilaatan toiminnallinen osa. Sahaussaumat toimivat kutistumissaumoina ja oikeaan aikaan tehty sahaus on oleellista. Liian myöhään sahaaminen aiheuttaa riskin halkeamien hallitsemattomalle muodostumiselle. Saumat

sahataan silloin kun betoni on kovettunut niin paljon että sahaus ei vahingoita saumojen reunoja ja ennen kuin kuivumisen aiheuttama kutistuma ehtii aiheuttaa halkeilua. Yleensä aika on noin 5-15 h ja kuitenkin viimeistään seuraavana päivänä valusta. Ensimmäinen sauma sahataan keskeltä laattaa jännitysten vähentämiseksi ja halkeilun estämiseksi. Saumojen suoruteen on kiinnitettävä erityistä huomiota ja saumojen tulee olla kohtisuorassa koko laatan linjan läpi. Sahaussauman pitää olla 100 mm syvä ja 5 mm leveä. Saumojen reunoihin hiotaan myös 5 mm viisteet kuvan 19. mukaisesti. [9, s.30.]



Kuva 19. Betonilaatan valmis saumausura [Destia, 2016 toukokuu]

Laatan saumausmassa voidaan asentaa siinä vaiheessa kun hydrataatio betonissa sauman avarrussyvyydellä on tapahtunut ja niin ettei betonin lujuus tai kosteus häiritse saumaamista. Saumausurat kuivataan ja puhdistetaan kuumailmapainepuhalluksella. Saumausmateriaalina betonin välisissä saumoissa käytetään SABA-saumausmassaa. 4000 m² kokoiseen laattaan menee noin 1000 jm saumausmassaa. Myös betonin ja asfalttipinnan väliin sahataan saumaura ja asennetaan kuminen Magma saumanauha. [12, s.178.]

4.2 Betonilaattojen laadunvarmistus

Betonirakenteiden kelpoisuuden varmistamiseksi tehdään eri toimenpiteitä lopputuotteen laadun varmistamiseksi. Betonin puristuslujuus testataan 28 vuorokauden ikäisenä. Jos tämä ei ole mahdollista, testaustulosten lukuarvot muutetaan kertoimia käyttäen vastaamaan 28 vuorokauden lujuuden arvoa. Näytteitä otetaan kuusi kappaletta jokaista valukertaa kohden. Rakenteen kelpoisuus tutkitaan Betoninormit By 50 kohdan 6.3.2.6 puristuslujuuden tunnistustestaus- ja ehdot mukaan. Tunnistustestauksen mukaan betoni tunnistetaan vaatimustenmukaisuuden joukkoon kuuluvaksi, jos jokainen yksittäinen lujuustestin tulos ja peräkkäisten tulosten keskiarvo täyttävät molemmat liitteen 34 taulukon mukaisesti asetetut ehdot.

Puristuslujuuden koekappaleiden tulosten lisäksi laatoille tehdään kimmovasarakokeita 28 vuorokauden ikäisenä. Kelpoisuuskokeiden tuloksista pitää myös esittää betonin suhteutustiedot, betonimassan ilmamäärä, selvitys käytettävistä lisäaineista ja tiedot runkoaineen rakeisuudesta, puhtaudesta sekä kosteuspitoisuuksista valupäivänä. Valun aikana seurataan myös betonimassan notkeutta ja massan lämpötilaa. [13, s.151.]



Kuva 20. Lentokoneen uusi käyttöön otettu seisontapaikka S55 [Destia, 2017 kesäkuu]

Betonilaatalle tehdään myös valmiin pinnan tasaisuusmittaus viiden metrin oikolaudalla. Suurin sallittu epätasaisuus oikolaudalla mitattuna on 5 mm, eikä

lammikoita saa syntyä. Mittaus suoritetaan niin että yhdestä ruudusta otetaan neljä mittausta jokaiselta sivulta. Myös asfaltin ja betonilaatan välinen tasaisuus mitataan oikolaudalla samalla korkeintaan 5 mm epätasaisuusvaatimuksella. Laatta ja asfalttipinta eivät saa porrastaa, koska se voi aiheuttaa ongelmia lentoaseman kunnossapitokalustolle. Mittauksesta laaditaan pöytäkirja joka toimitetaan tilaajalle. Betonipeitteen riittävä paksuus varmistetaan profometrillä, joka mittaa sähkömagneettisella pulssi-induktiolla raudoitteiden etäisyydet laatan pinnasta. Vaatimuksena on 45 mm ja toleranssina ± 10 mm. Mittaus tapahtuu profometrillä riveittäin laatan läpi, niin että jokaisesta yksittäisestä ruudusta otetaan kolme mittausta. Näin koko laatan raudoitukset saadaan kartoitettua mahdollisimman tarkasti ja varmistettua riittävä suojaetäisyys. Mittauksen tuloksena laaditaan dokumentti josta näkee rivien numerot ja dokumentit jokaisen rivin tuloksista. Ennen betonilaatan käyttöönottoa laaditaan vielä itselleluovutus-pöytäkirja, mikä pitää sisällään kaikki betonilaatan laatudokumentit ja lopullinen käyttöönottotarkastus, jonka jälkeen laatta voidaan luovuttaa lentoaseman toimistojen käyttöön. (Kuva 20) [10.]

5 Tien ja lentokenttä-alueen päällysrakenteiden vertailu

Tien päällysrakenteen vaatimukset ja mitoitus perustuvat moneen eri tekijään. Tärkeimpänä rakenteen paksuuteen vaikuttaa kantavuusmitoitus eli tavoitetekantavuus pinnalta, käytetyt rakennekerrokset ja pohjamaan kantavuus. Toisena tärkeänä asiana on sallittu routanousu routivilla maapohjilla. Pohjamaan tasalaatuisuus, rakeisuus ja kosteus ovat myös vaikuttavia asioita. Maan routiminen, routanousut, liikennemäärät ja kuormituskestävyys asettavat vaatimukset, jonka kautta voidaan mitoittaa tielle sopiva rakenne ja sen paksuus. Myös kuivatuksen suunnittelu liittyy mitoitukseen, koska osa päällysrakenteiden materiaalien mitoitusparametreista on kosteudesta riippuvia. Lentoasema-alueen päällysrakenteen vaatimukset perustuvat pääsosan samoihin tekijöihin, mutta joitakin eroavaisuuksia löytyy. Päällysrakenteen pitää molemmissa tapauksissa kuitenkin toimia ja palvella käyttäjää niin kuin sen kuuluu. [14, s.24.]

Tien osalta päällysteen pinnan urautuminen ja deformaatio ovat merkittäviä laatukriteereitä. Kulumista tapahtuu etenkin talven nastarengasaikana. Ura pitää tasata jos se on 3 km:n tiejaksolla yli 13 mm, poikkeuksena hyvin vettä läpäisevä päällyste, jossa sallittu urasyvyys on 15 mm eikä vettä keräännä uraan. Lentokenttäpäällysteessä urautuminen on myös huomioitava asia, eikä ura saa olla niin syvä että lentoturvallisuus vaarantuisi. Roudan osalta suurimmat sallitut laskennalliset arvot tasalaatuisella pohjamaalla ovat moottoriteillä ja valtateillä samaa luokkaa mitä lentoasema-alueen vaatimukset. Moottoriteillä suurin sallittu routanousu saa olla enintään 30 mm ja lentoasemalla kiitoradalla myös 30 mm. Rullausteillä ja huoltotiellä arvo saa olla enintään 60 mm. [14, s.13.]

Myös päällysteen melutaso on tienkäyttäjän kannalta olennainen asia. Lentoasema-alueella melutason osalta ei ole ohjeissa tarkempia vaatimuksia. Lentokenttäpäällysteessä ja varsinkin kiitoradalla pitää kiviaineksen Los Angeles -arvolle antaa enemmän painoarvoa kuin perinteisessä tiepäällysteessä, koska kiitoradalla esiintyy suurta iskevää räsitusta verrattuna tiepäällysteeseen. Lentoasema-alueella kiviaineksessa esiintyvällä kiilteen määrällä ja mineraalikoostumuksella on vaikutus siihen, sopiiko se lentokentällä käytettävään päällysteeseen. Lentoasema-alueella päällystekiviaineksen rapautuminen on yksi tärkeimmistä kriteereistä eikä sitä saa tapahtua, koska se voi aiheuttaa FOD-vaaran lentokoneen moottorille. Tien päällysrakenteessa rapautuminen ei ole aivan niin kriittinen asia mitä lentokentän päällysteessä. Parhaiten lentoasema-alueen päällysteeseen sopii sellainen kivi-aines,

jossa kiillettä ei esiinny juuri lainkaan ja sen takia vedenkestävyysarvo on parempi. Lentokentällä kiviaines, joka sisältää kiillettä noin 10 % voi olla vaikutusta pitkän ajan vedenkestävyyteen, joten sitä ei voi esimerkiksi kiitoradalla käyttää. Tien päällysteissä tämä ei ole kestoiän perusteella ongelma ja se soveltuukin hyvin myös lentokentän huoltotien päällysteeseen, missä lentokoneet eivät liiku. [15, s.5]

Päällysteen pinnan kitkavaatimukset ovat sekä tie että lentokentän päällysrakenteessa olennaisia asioita, mutta lentoasemalla vaatimuksena on lisäksi pinnan kohokuvio, joka on niin sanottu sand patch. Tierakenteen päällysteessä sivukitkavaatimus liitteen 21 mukaan on alle 80 km/h nopeudella vähintään 0,4 verrattuna lentoasemalla vaatimuksena olevaan 65 km/h nopeudella vaadittuun vähintään 0,7 kertoimeen. [14, s.13.]

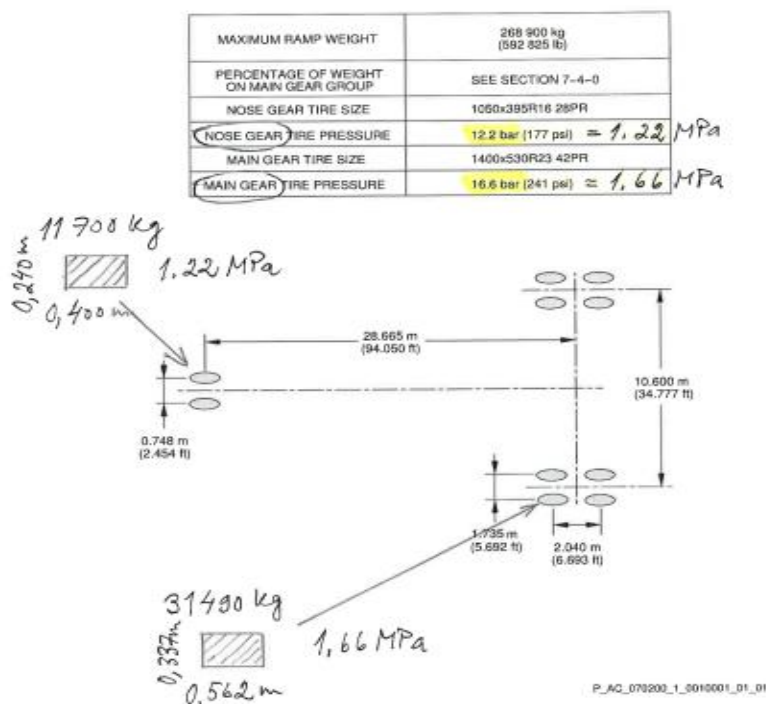
Taulukko 7. Kantavuusvaatimusten vertailu tien, kadun ja lentoaseman välillä

Selite	Lentokentän rullaustie	Katuluokka 1. Pohjamaaluokka E, päällysrakenteen kok.paksuus 1,24 m	KKL-luokka 25,0 AB
Kantavuusvaatimus jakavan kerroksen päältä	165 MPa	143 MPa	-
Kantavuusvaatimus kantavan kerroksen päältä	210 MPa	184 MPa	160 MPa

Sekä tiellä että lentoasemalla käytettävässä päällysrakenteessa yksi vaikuttava osa-alue on kuormituskertojen ja liikenteen määrä. Lentoasema-alueella nimityksenä käytetään ylityskertaa eli kuinka monta kertaa kone ohittaa tietyn mittauspisteen. Kuormituskertamäärä tietyssä lentoliikennealueen pisteessä riippuu kyseisen kohdan ylityskertamäärästä ja ylityskerta/kuormituskerta-suhteesta. Ylityskerta/kuormituskerta-suhde riippuu lentokoneen päälaskutelineen pyörien määrästä ja sijainnista, renkaan kosketuspinnan leveydestä sekä lentokoneen rullauslinjan sijainnin sivusuuntaisesta jakautumasta keskilinan suhteen. Painavin kone on Finnairin A380, jonka MTOW eli maksimi lentoonlätöpaino on 571 000 kg ja laskutelineen pyörien aiheuttama paine päällysrakenteelle 1,5 MPa. Esimerkiksi kevyemmän A321 koneen paino on 89 000 kg ja maksimi pyöräpaine on 1,46 MPa. Tierakenteessa termit ovat KKL ja KVL. Kun vertaillaan raskaiten liikennöityä tien kuormitusluokkaa mikä tarkoittaa yli 14 000 auton liikennemäärää vuorokaudessa ja lentoasema-alueen rullaustien kantavuusvaatimuksia, joitakin eroja löytyy. Kantavan kerroksen päältä mitattu kantavuus tien päällysrakenteessa 25,0 AB pitää olla vähintään 160 MPa, mikä on

lähes samaa suuruusluokkaa mitä lentoaseman jakavan kerroksen kantavuusvaatimus eli 165 MPa. [Taulukko 7.] Lentoasemalla kantavan kerroksen pinnalta kantavuusvaatimuksena on vähintään 210 MPa. [14, s.31.]

Lisäksi jos vertailee taulukon 4. mukaisia vaatimuksia, on tiiviyssuhteen vaatimukset lentoasema-alueella selkeästi tiukemmat. Jos lentoasemalla noudatettaisiin InfraRYL taulukon vaatimuksia, olisi tiiviyssuhdeluku 2,5 nykyisen 2,0 sijaan. [Taulukko 4.] Allianssiurakassa kantavan kerroksen levykuormituskokeissa on ollut vaikeuksia saada juuri tiiviyssuhteen vaatimuksia täyttymään. Tämä voi johtua muun muassa käytettävästä murskeen materiaalista, liiallisesta tiivistämisestä, murskeen lajittumisesta, hienoaineksen puutteesta murskeessa tai mahdollisesti, että murske on peräisin tunnelista louhitusta kivistä, jossa esiintyy mikrohalkeilua eikä se ole niin lujaa. [14, s.31.]



Kuva 21. Finnair A350:n pyörien kuormitukset päällysrakenteelle [Laajarunkokoneiden kuormitukset päällysrakenteelle, Finavia.]

Ongelmana kantavuusvaatimusten täyttämisessä voi löytyä aikaa ennen asematason laajennushankkeen aloitusta. Hankkeen suunnitteluvaiheessa ei olla välttämättä huomioitu riittävän tarkasti uusien lentokoneiden asettamia suurempia pyöräpaineita päällysrakenteelle. Raskaimmin liikennöidyllä lentoliikenteen alueilla kerrospaksuuksia tulisi tarkastella ja ylipäänsä päällysrakenteen mitoitusvaiheessa panostaa erityisen

paljon. Kuvassa 17. olevan A350-koneen nokkapyörät eli koneen etuosassa olevat pyörät aiheuttavat 1,22 MPa paineen ja päälaskutelineen pyörät mitoittavan 1,66 MPa paineen. A350 maksimi lentoonlähtöpaino on 268 900 kg eli selvästi vähemmän mitä esimerkiksi A380 koneen. Päällysrakenteen mitoitus ei ole mahdollisesti optimaalinen esimerkiksi uusimmalle Finnairin A350-koneelle, jonka pyöräpaineet ovat suurimmillaan 1,66 MPa ja täten lentoasemalla liikkuvien koneiden suurimmat. Finavian oman kantavuusselvityksen mukaan pitäisi päällysteen paksuutena HKI-Vantaalla käyttää 210 mm nykyisen 150 mm sijasta. [6, s.12.]

Sidottujen kerrosten paksuuksia on jatkossa syytä tarkistaa ylöspäin sikäli kun liikenne-ennuste ja muut mitoituksen lähtöarvot sitä edellyttävät. Erityisesti Helsinki-Vantaalla olisi ainakin raskaimmin kuormitetuilla rullausreiteillä syytä käyttää koko rullaustieveydellä vähintään 210 mm sidottuja päällysteitä.
(Finavia Oyj Lentoliikennealueiden kantavuus M.Viitala)

Se ei kuitenkaan poista kantavan kerroksen vaatimusten täyttymisen ongelmaa. Mahdollisuutena on esimerkiksi kasvattaa kantavan kerroksen paksuutta ja sen avulla saavuttaa helpommin tiukat kantavuus- ja tiiviyssuhdevaatimukset. Kokonaisuutena tien ja lentoaseman päällysrakenteet ovat hyvin samanlaisia rakenteeltaan ja käytettävien materiaalien osalta, mutta erot syntyvät erilaisten vaatimusten perusteella. Merkittävin ero on kuitenkin kantavuusvaatimuksilla, jotka ovat lentoasema-alueella selkeästi korkeammat kuin tierakentamisessa, johtuen raskaiden lentokoneiden aiheuttamista kuormista päällysrakenteelle. Finavian omien kantavuusselvitysten mukaan A350-lentokone voi operoida esimerkiksi Kuopion lentoasemalla ainoastaan talviaikaan, jolloin päällysrakenne on jäätyneenä, koska siellä päällysteen paksuus on 100 mm ja suurin sallittu pyöräpaine 1,5 megapascalina. [16, s.2.]

6 Yhteenveto

Tämän insinööritoimiston tavoitteena oli antaa lukijalle kattava selvitys lentoasema-alueella käytettävien päällysy- ja pintarakenteiden laatuvaatimuksista ja työnaikaisesta hyvästä laadunvarmistuksesta. Työn tilaajalle kyseinen allianssiurakka oli ensimmäinen lentoasema-alueella tehtävä urakka, joten päällysrakenteiden tekemisestä ja niiden laatuvaatimuksista ei ollut aiempaa kokemusta. Destialla on kuitenkin vuosikymmenien kokemus vaativista suurista väylähankkeista, niin suunnittelussa kuin rakentamisessa. Työssä tutkittiin laajasti päällysrakenteiden yleisiä ohjeita ja kirjallisuutta niin tierakentamisen kuin lentoaseman osalta ja selvitettiin lähtökohdat laatuvaatimusten määräytymiselle. Kirjallisuuden lisäksi tukena käytettiin myös omia ja muiden projektissa työskentelevien havaintoja ja kokemuksia päällysrakenteista lentoasemalla.

Työn aikana havaittiin, että lentoasema-alueella vaaditaan päällysrakenteista korkealuokkaista laatua jokaisella osa-alueella. Laatuvaatimukset määräytyvät jo käytettävästä kiviaineksesta alkaen, mitä voidaan pitää päällysteen osalta tärkeimpänä laatuvaatimuksena. Myös jakavassa ja kantavassa kerroksessa kiviaineksen materiaali on merkittävässä roolissa oikeanlaisen toteutuksen lisäksi. Kantavuusvaatimusten osalta voidaan todeta, että lentoasema-alueella kantavuusvaatimukset ovat huomattavasti tiukemmat mitä esimerkiksi moottoritien vastaavat samalla materiaalilla tehdyt.

Betonilaattojen osalta haasteellisena seikkana voidaan pitää laatuvaatimusten olevan samaa tasoa mitä sisätilojen betonilattioilta vaaditaan, koska laatat toteutetaan käsityönä ulko-olosuhteissa, eikä niitä voida tehdä esimerkiksi tarkoilla laserlevityskoneilla. Betonilaattaa voidaan yleisesti pitää vaativana, jos laatan pinta-ala on suuri, valuolosuhteet hankalia, ympäristön rasitukset ankaria, halkeilua pyritään rajoittamaan ja suoruusvaatimukset ovat tiukkoja. Myös laattojen lumensulatusjärjestelmänä toimivat lämmitysputket ja niiden suuri määrä tuovat haasteita laatan rakentamiselle ja betonoinnille. Betonin laatuun on kiinnitettävä erityishuomiota, jotta betonilta vaadittavat erityisvaatimukset varmuudella saavutetaan. Etenkin rasitusluokkien ja lujuusluokan suhteen vaatimukset ovat korkeimmat mahdolliset.

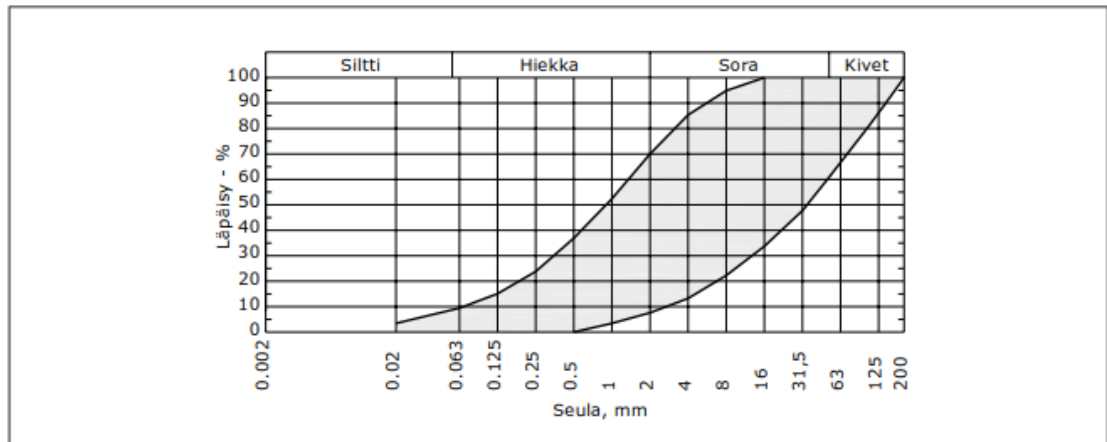
Työn aikana tutkittujen lentoasema-alueen päällysrakenteiden laatuvaatimusten selvityksen perusteella voidaan tietoja tulevaisuudessa hyödyntää muihin lentoasema-

alueilla tehtäviin hankkeisiin. Työn tuloksena syntyi selvitys päällysrakenteiden laatuvaatimuksista lentoasema-alueella ja allianssiurakan jatkoa ajatellen työstä on työn tilaajalle apua koskien vaativien päällysrakenteiden laadunvarmistusta.

Lähteet

- 1 <https://www.finavia.fi/fi/lentoasemat-kehittyvat/finavia-investoi/> luettu 25.9.2017
- 2 Destia Oy: Allianssi PowerPoint esitys
- 3 InfraRYL 2010
- 4 Tietekniikan perusteet, Olli-Pekka Hartikainen
- 5 Asfalttinormit 2008
- 6 Finavia Oyj Lentoliikennealueiden kantavuus M. Viitala
- 7 Työvaihekohtainen työ-ja laatusuunnitelma 21210 jakavat kerrokset, Destia Sanna Lehtonen 2016
- 8 Työvaihekohtainen työ-ja laatusuunnitelma 21310 sitomattomat kantavat kerrokset, Destia Sanna Lehtonen 2017
- 9 SITO Työselostus, Pasi Pekkala 11.4.2016
- 10 Asfaltin laatuvaatimukset lentokentällä, Janne Vuori 30.10.2015
- 11 Työvaihekohtainen työ-ja laatusuunnitelma 21430.2 Betoniset pintarakenteet betonilaatta, Destia Sanna Lehtonen 2016
- 12 Betoninormit 2012 By 50
- 13 Betonilattiat 2014 By 45
- 14 <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2100029-v-04tierakenteensuunn.pdf> luettu 14.11.2017
- 15 Finavia Oyj, päällystekiviaineksen puitesopimus (perustelumuistio)
- 16 Kuopion lentoaseman kantavuustutkimukset 2009, Finavia

Jakavan rakennekerrokseen käytettävän luonnonsoran rakeisuusvaatimukset



Seulakoot, mm ja niitä vastaavat läpäisyprosentit						
0,02	0,063	1	4	16	31,5	125
0...3	0...9	3...52	12...85	32...100	46...100	85...100

Kuva 21210:K3. Jakavaan rakennekerrokseen käytettävän luonnonsoran rakeisuusvaatimukset. Rakeisuuskäyrän muodon tulee noudattaa ohjealueen rajakäyrien muotoa.

Jakavan kerroksen murskeiden tyyppirakeisuuden sallittu vaihteluväli

Taulukko 21210:T1. Jakavan kerroksen murskeiden tyyppirakeisuuden sallittu vaihteluväli.

Seula, mm	0/32		0/40		0/45		0/56 ja 0/63		0/80	
	G _p	G _c	G _p	G _c	G _p	G _c	G _p	G _c	G _p	G _c
0,5	–	10...20	–	10...20	–	10...20	–	–	–	–
1	9...20	13...30	9...20	13...30	9...20	13...30	–	10...20	–	10...20
2	14...27	22...36	14...27	22...36	14...27	22...36	9...20	13...30	9...20	13...30
4	21...38	31...49	21...38	31...49	–	–	14...27	22...36	14...27	22...36
5,6	–	–	–	–	21...38	31...49	–	–	–	–
8	33...52	41...64	–	–	–	–	21...38	31...49	–	–
10	–	–	33...52	41...64	–	–	–	–	21...38	31...49
11,2	–	–	–	–	33...52	41...64	–	–	–	–
16	54...72	61...79	–	–	–	–	33...52	41...64	–	–
20	–	–	54...72	61...79	–	–	–	–	33...52	41...64
22,4	–	–	–	–	54...72	61...79	–	–	–	–
31,5	–	–	–	–	–	–	54...72	61...79	–	–
40	–	–	–	–	–	–	–	–	54...72	61...79

Rakeisuuskäyrän muoto ja ohjealueen leveys:

G_p = avoin rakeisuuskäyrä, leveä ohjealue, Suomessa yleisemmin käytetty

G_c = normaali rakeisuuskäyrä, leveä ohjealue, muualla Euroopassa yleisesti käytetty.

Jakavan kerroksen murskeiden yksittäisten rakeisuustulosten vaihteluväli

Taulukko 21210:T2. Jakavan kerroksen murskeiden yksittäisten rakeisuustulosten sallittu vaihteluväli.

Seula, mm	0/32		0/40		0/45		0/56 ja 0/63		0/80	
	G _p	G _c	G _p	G _c	G _p	G _c	G _p	G _c	G _p	G _c
0,5	–	5...25	–	5...25	–	5...25	–	–	–	–
1	3...32	8...35	3...32	8...35	3...32	8...35	–	5...25	–	5...25
2	6...42	13...45	6...42	13...45	6...42	13...45	3...32	8...35	3...32	8...35
4	12...53	20...60	12...53	20...60	–	–	6...42	13...45	6...42	13...45
5,6	–	–	–	–	12...53	20...60	–	–	–	–
8	23...66	30...75	–	–	–	–	12...53	20...60	–	–
10	–	–	23...66	30...75	–	–	–	–	12...53	20...60
11,2	–	–	–	–	23...66	30...75	–	–	–	–
16	43...81	50...90	–	–	–	–	23...66	30...75	–	–
20	–	–	43...81	50...90	–	–	–	–	23...66	30...75
22,4	–	–	–	–	43...81	50...90	–	–	–	–
31,5	–	–	–	–	–	–	43...81	50...90	–	–
40	–	–	–	–	–	–	–	–	43...81	50...90

Rakeisuuskäyrän muoto ja ohjealueen leveys:

G_p = avoin rakeisuuskäyrä, leveä ohjealue, Suomessa yleisemmin käytetty

G_c = normaali rakeisuuskäyrä, leveä ohjealue, muualla Euroopassa yleisesti käytetty.

Tiivistyskoneiden jyräskertojen ohje

Taulukko 18110:T3. Tiivistyskoneiden ohjeellinen jyräskertamäärä eri kerrospaksuuksilla maa-aineksen ollessa lähellä optimaalisen tiivistyspitoisuutta.

Jyrätyyppi	Paino, t	Yllituskertojen ohjearvo															
		Suodatin-/eristys-kerros		Jakava kerros / välikerros		Kantava kerros		Tien tai kadun alusrakenne H ¹⁾ ≤ 30			Tien tai kadun alusrakenne H ¹⁾ > 30			Louhe		Radan penger-täyttö	
Kerrospaksuus enintään, m		0,25	0,5	0,25	0,4	0,2	0,3	0,25	0,5	0,8	0,25	0,5	0,8	0,8	1,0	0,4	0,8
Täryjyrät ²⁾																	
– vedettävät	> 5	4	7	5	8	5	9	3	6	11	3	7	13	6 ¹²⁾	7 ¹²⁾	5	5 ¹²⁾
– 2 täryvalssia	> 5	3	4	3	5	3	6	2	4	8	2	4	8	–	–	–	–
– 1 täryvalssi	> 5	4	7	5	8	6	9	3	6	11	3	6	11	5 ¹³⁾	7 ¹³⁾	5	5 ¹³⁾
Kumipyöräjyrät ³⁾	< 20 ⁴⁾	6	–	8	–	10	–	6	–	–	6	–	–	–	–	–	–
	> 20 ⁵⁾	4	8	6	12	8	12	4	8	14	3	6	11	–	–	10	–
Staatilliset valssijyrät ⁶⁾	> 10	–	–	–	–	10	–	7	–	–	7	–	–	–	–	–	–
Pyöräkuormalmet ⁷⁾	> 40	–	–	–	–	–	–	4	8	14	3	7	13	–	–	–	–
Puskutraktori ⁸⁾	> 10	–	–	–	–	–	–	4	–	–	6	–	–	–	–	–	–
Sorkkajyrät ⁹⁾	7...10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10)	10)	–	–	–	–	–
Tärylevyt ¹¹⁾	> 0,05	6	–	7	–	6	–	5	–	–	6	–	–	–	–	–	–
	> 0,1	5	–	6	–	6	–	4	–	–	5	–	–	–	–	–	–
	> 0,2	4	–	5	–	5	–	3	–	–	4	–	–	–	–	–	–
	> 0,4	3	–	4	–	4	–	3	–	–	3	–	–	–	–	–	–

¹⁾ H = hienoainespitoisuus (0,063 mm:n seulan läpäisy-%).

²⁾ Eivät sovellu runsaasti koheesioainesta sisältävien maalien tiivistämiseen. Amplitudi aluksi noin 1,5 mm ja viimeiset yllituskerrat < 1 mm, penkereen ja suodattimen jyräysnopeus 1...3 km/h, jakavan ja kantavan 3...6 km/h. Viivakuorma > 1,5 t/m.

³⁾ Eivät sovellu runsaasti koheesioainesta sisältävien maalien tiivistämiseen, rengaspaine soralsilla maaleilla 500 kPa ja hiekkaisilla maaleilla 300 kPa, jyräysnopeus yli 5 km/h.

⁴⁾ Pyöräpaine > 2 t.

⁵⁾ Pyöräpaine > 3 t.

⁶⁾ Eivät sovellu märkien silttien maalien tiivistämiseen. Viivakuorma > 5 t/m.

⁷⁾ Eivät sovellu märkien silttien maalien tiivistämiseen.

⁸⁾ Soveltuvat ohuiden kerrosten ja märkien silttien tiivistämiseen.

⁹⁾ Soveltuvat silttien ja savien tiivistämiseen.

¹⁰⁾ Urakoitsijan on esitettävä käyttämänsä sorkkajyrän tekniset tiedot (myös sorkan pituus, sorkan pään pinta-ala) ja työntekijöille annettavat jyräysohjeet.

¹¹⁾ Käytetään yleensä ahtaiden alueiden ja kaivantojen täytössä kirkkamaalien tiivistämiseen. Teho riittää yleensä vain ohuen kerroksen (100...250 mm) tiivistämiseen. Parempaan tiivistystehoon päästään tärylevyllä, joiden pohja on muotoiltu siten, että alkutiivistyksen jälkeen levy tiivistää pienemmällä pinta-alalla ja siten suuremmalla pintapaineella.

¹²⁾ Paine vähintään 6 t.

¹³⁾ Paine vähintään 13 t.

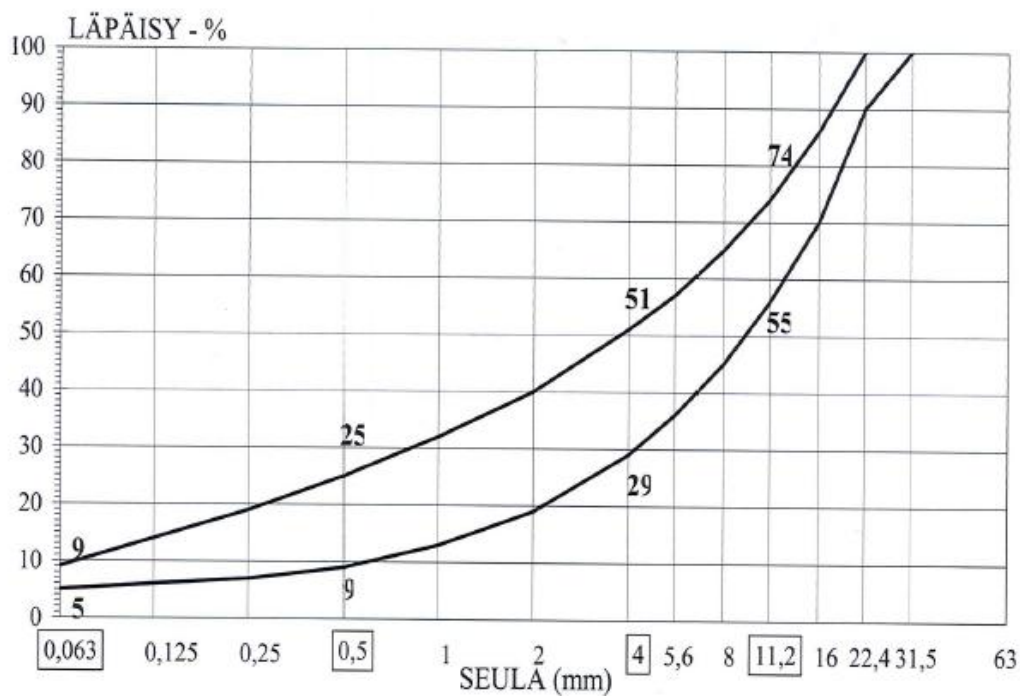
ABK 22 rakeisuuden ohjealue

Asfalttibetoni AB 22

Sideaine	Sideainepitoisuus (massa-%)	Massamäärä (kg/m ²)
Tiebitumi 35/50...160/220 KB65 tai KB75	4,8...5,8	100...150

CE-merkintä:

Asfalttilaji (esimerkki)	Minimisideainepitoisuuden luokka
AC 22 surf 70/100	B _{min4,8} ; B _{min5,0} ; B _{min5,2} ; B _{min5,4} ; B _{min5,6} ; B _{min5,8}



Kuva 5. Asfalttibetonin AB 22 massan rakeisuuden ohjealue ja läpäisyprosentit ohjeseuloilla.

Kiviaineksen yleisten rakeisuusvaatimusten ilmoittamisessa käytettävät ohjeseulat

Taulukko 1. Kiviaineksen yleisten rakeisuusvaatimusten ilmoittamisessa käytettävät ohjeseulat

	Ohjeseulat				
Karkea kiviaines ($D > 2 \text{ mm}$)	$2 * D$	$1,4 * D$	D	d	$d/2$
Hieno kiviaines ($D \leq 2 \text{ mm}$)	$2 * D$	$1,4 * D$	D	0,063	-
Koostekiviaines ($d=0$ ja $D \leq 45 \text{ mm}$)	$2 * D$	$1,4 * D$	D	-	-

Karkean kiviaineksen yleiset rakeisuusvaatimukset

Taulukko 2. Karkean kiviaineksen yleiset rakeisuusvaatimukset

Luokka	Läpäisy massaprosentteina				
	2 D	1,4 D	D	d	d/2
$G_C90/10$	100	100	90 – 99	0 – 10	0 – 2
$G_C90/15$	100	98 – 100	90 – 99	0 – 15	0 – 5
$G_C85/15$	100	98 – 100	85 – 99	0 – 15	0 – 2

Hienon kiviaineksen ohjeseulat ja tyyppirakeisuuden sallitut vaihteluvälit on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Hienon kiviaineksen tyyppirakeisuuden sallitut vaihteluvälit (luokka G_F85).

Lajite	0/1	0/2
Seula (mm)		
4		100
2	100	85-99
1	85-99	TR±10
0,5	TR±10	
0,063	TR± 3*)	TR± 3*)

TR = valmistajan ilmoittama tyyppirakeisuus

*) Jos hienoainespitoisuuden luokka on f_3 , hienoainespitoisuuden tulee olla aina ≤ 3 .

Karkean ja hienon kiviaineksen hienoainespitoisuuden luokat*Taulukko 11. Karkean ja hienon kiviaineksen hienoainespitoisuuden luokat.*

Karkea kiviaines	Hienoainespitoisuuden luokka	0,063 seulan läpäisyprosentti
	$f_{0,5}$	$\leq 0,5$
	f_1	≤ 1
	f_2	≤ 2
Hieno kiviaines	f_3	≤ 3
	f_{10}	≤ 10
	f_{16}	≤ 16
	f_{22}	≤ 22

Kiviainesyhdistelmän litteysluvun laskemishoje

PANK PÄÄLLYSTEALAN NEUVOTTELUKUNTA	Liite 1 menetelmään SFS-EN 933-3 Litteysluku	
	KIVIAINESYHDISTELMÄN LITTEYSLUVUN LASKEMINEN	
	Hyväksytty: Muutettu:	08.03.2002 16.1.2004 (Liitteeksi 1)

1. MENETELMÄN TARKOITUS

Kiviainesyhdistelmän litteysluvun laskeminen.

2. MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Asfalttikiviainestuotteet jaetaan Asfalttinormit 2000:ssa raemuotoluokkiin I-IV litteysluvun perusteella. Asfalttimassan kiviaineksen raemuoto on riippuvainen suhteituksessa käytettyjen eri kiviainestuotteiden keskinäisistä määräsuhteista sekä niiden raemuodoista. Tässä SFS-EN -standardin PANK-menetelmäliitteessä on esitetty kiviainesyhdistelmän litteysluvun laskenta.

3. VIITTEET

Kiviainesten geometristen ominaisuuksien testaus. Osa 3: Raemuodon määrittäminen. Litteysluku. SFS-EN 933-3.

LIITE 2 MENETELMÄÄN SFS-EN 933-3 LITTEYSLUKU. KIVIAINESYHDISTELMÄN LITTEYSLUVUN LASKEMINEN

4. LASKENTAMENETTELY

$$FI_{asfaltti} = \frac{\sum \left[FI_i (100 - P_{(<4mm)_i}) \frac{S_i}{100} + \dots + FI_n (100 - P_{(<4mm)_n}) \frac{S_n}{100} \right]}{(100 - P_{(<4mm)_{asfaltti}})}$$

$FI_{1...n}$	=	Kiviainestuoiteen, (1...n), litteysluku, [%]	(Fiakiness Index)
$P_{(<4mm),1...n}$	=	Kiviainestuoiteen, (1...n), 4 mm läpäisyprosentti, [%]	(Passing-%)
$S_{1...n}$	=	Kiviainestuoiteen, (1...n), osuus asfaltin yhdistetystä rakeisuuskäyrästä, [%]	(Share- %)
$P_{(<4mm),asfaltti}$	=	Asfalttimassan yhdistetyn rakeisuuskäyrän 4 mm läpäisyprosentti, [%]	
$FI_{asfaltti}$	=	Asfalttimassan raemuoto, [%]	

Esimerkki;

	0/2 mm	2/5 mm	5/8 mm	8/11 mm	11/16 mm	Asfalttimassa
Tuotteen litteysluku, %	100	18.2	18.7	16.3	14.2	
Tuotteen 4 mm läpäisy%	99.6	50.6	6.0	0.3	0.3	
Osuus yhdistetystä rakeisuuskäyrästä, %	16	5	5	20	54	
Yhdistetyn rakeisuuskäyrän 4 mm läpäisy%						19.0

$$FI_{asfaltti} = [100 \cdot (100 - 99.6) \cdot 16 / 100 + 18.2 \cdot (100 - 50.6) \cdot 5 / 100 + 18.7 \cdot (100 - 6.0) \cdot 5 / 100 + 16.3 \cdot (100 - 0.3) \cdot 20 / 100 + 14.2 \cdot (100 - 0.3) \cdot 54 / 100] / (100 - 19.0) = 15.2$$

Polymeerimodifioidun bitumin laatuvaatimukset

Taulukko 21. Polymeerimodifioitujen bitumien laatuvaatimukset.

Kumibitumi		Menetelmä	KB65	KB75	KB85
Tunkeuma, 25 °C	0,1 mm	SFS-EN 1426	65-150	65-130	40-100
Pehmenemispiste	°C	SFS-EN 1427	≥ 65	≥ 70	≥ 75
Voimavenymä, 5 °C	J/cm ²	SFS-EN 13703 SFS-EN 13589	mitataan	mitataan	mitataan
Palautuma, 10 °C	%	SFS-EN 13398	≥ 50	≥ 75	≥ 75
Leimahduspiste	°C	SFS-EN ISO 2592	≥ 220	≥ 220	≥ 220
Varastointikestävyys, pehmenemispiste-ero *)	°C	SFS-EN 13399 SFS-EN 1426	≤ 5	≤ 5	≤ 5
PMB-luokka **) Valmistaja voi ilmoittaa myös tuotestandardin mukaisen luokan		SFS-EN 14023	PMB65/105-65 PMB75/130-65 PMB90/150-65	PMB65/105-70 PMB75/130-70 PMB65/105-75 PMB75/130-75	PMB40/100-75 PMB45/80-75 PMB40/100-80 PMB45/80-80

*) Jos pehmenemispiste-ero on suurempi kuin 5 °C tai sitä ei ilmoiteta, täytyy sideaineen toimittajan antaa ohjeet käsittelystä erottumisen välttämiseksi.

**) Polymeerimodifioidun bitumin luokkamerkintänä käytetään tunkeuma-alueen ala- ja ylärajaa sekä pehmenemispisteen alarajaa.

Mitataan (TBR-to be reported): valmistaja ilmoittaa mitatun arvon.

Bitumiliuosten laatuvaatimukset

Taulukko 22. Bitumiliuosten laatuvaatimukset.

Bitumiliuos		Menetelmä	BL0	BL5	BL2K
Kinemaattinen viskositeetti, 60 °C	mm ² /s	SFS-EN 12595	15,0-30,0	3000-6000	350-650
Liukoisuus tolueniin	m-%	SFS-EN 12592	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0
Leimahduspiste	°C	SFS-EN ISO 2719	≥ 35	≥ 45	≥ 55
Jakotislaus	s	SFS-EN 13358			
- kokonaistislemäärä 360 °C:ssa	t-%		≤ 55	≤ 15	≤ 10
- tisleestä tislautunut 225 °C mennessä	t-%		mitataan	mitataan	mitataan ¹⁾
- tisleestä tislautunut 260 °C mennessä	t-%		mitataan	mitataan	mitataan ¹⁾
- tisleestä tislautunut 315 °C mennessä	t-%		mitataan	mitataan	mitataan ¹⁾
Haihdutusjäännöksen ominaisuudet		SFS-EN 14895			
- tunkeuma, 25 °C	0,1 mm	SFS-EN 1426	≤ 220	≤ 220	
- kinemaattinen viskositeetti, 60 °C	mm ² /s	SFS-EN 12595			2000-6000

1) Hitaasti haihtuva liuotin.

Bitumiemulsioiden laatuvaatimukset

Taulukko 23. Bitumiemulsioiden laatuvaatimukset.

Bitumiemulsio		Menetelmä	BE-L	BE-SIP	BE-SOP	BE-AB. BE-PAB
Viskositeetti, # 2 mm, 40 °C	s	SFS-EN 12846	ilmoitettu			ilmoitettu
Viskositeetti, # 4 mm, 40 °C	s	SFS-EN 12846		ilmoitettu	ilmoitettu	
Murtuvuus hiekkaan	G	SFS-EN 13075-1	ilmoitettu ¹⁾	ilmoitettu	ilmoitettu	ilmoitettu
Tislaus 260 °C asti		SFS-EN 1431				
- öljytiskeitä	t-%		mitataan	mitataan	mitataan	mitataan
- tislausjäännös	m-%		≥ 58	≥ 65	≥ 58	≥ 58
Haihdutusjäännöksen ominaisuudet		SFS-EN 13074				
- tunkeuma, 25 °C	0,1 mm	SFS-EN 1426	ilmoitettu	ilmoitettu	ilmoitettu ²⁾	ilmoitettu ²⁾
- kinemaattinen viskositeetti, 60 °C	mm ² /s	SFS-EN 12595			ilmoitettu ²⁾	ilmoitettu ²⁾
Seulontajäännös 0,5 mm:n seuralle	%	SFS-EN 1429	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5
Emulsioluokka *)		SFS-EN 13808	C58B3 ¹⁾ C58B4 C58B5	C65B3 C65BF3	C58B4 C58BF4 C58B5	C58B4 C58B5

Mitataan (TBR-to be reported): valmistaja ilmoittaa mitatun arvon.

Ilmoitettu (DV-declared value): valmistaja ilmoittaa tuotteensa raja-arvot.

1) Syksyllä ja keväällä nopeasti murtuva.

2) Tunkeuma 25 °C tai viskositeetti 60 °C ilmoitettava.

*) Emulsiot luokitellaan seuraavasti: C = kationinen emulsio, kaksi seuraavaa lukua = bitumipitoisuus, seuraavat kirjaimet = B-bitumi ja F-fluksi, viimeinen luku = murtuvuusluokka.

Asfalttimassojen kulumisluokkataulukko

Taulukko 29. Tiivistettyjen asfalttimassojen jako kulumisluokkiin (SFS-EN 12697-16, menetelmä A).

Kulumisluokka	Prall-arvo Abr_A (ml)
Abr_{A20}	≤ 20
Abr_{A28}	≤ 28
Abr_{A36}	≤ 36
Abr_{A45}	≤ 45

Taulukko 30. Tiivistettyjen asfalttimassojen jako kulumisluokkiin, kun sideaine on modifioitu (SFS-EN 12697-16, menetelmä B).

Kulumisluokka	SRK-kuluma Abr_B (ml)
Abr_{B28}	≤ 28
Abr_{B37}	≤ 37
Abr_{B46}	≤ 46
Abr_{B55}	≤ 55

Tiivistettyjen asfalttimassojen jako deformaatioluokkiin*Taulukko 31. Tiivistettyjen asfalttimassojen jako deformaatioluokkiin.*

Deformaatioluokka	Pysyvä muodonmuutos ϵ_n (%) SFS-EN 12697-25 A
$\epsilon_{n2,0}$	$\leq 2,0$
$\epsilon_{n3,5}$	$\leq 3,5$
$\epsilon_{n5,0}$	$\leq 5,0$

Asfalttimassojen vedenkestävyysvaatimukset*Taulukko 34. Asfalttimassojen vedenkestävyysvaatimukset.*

Ominaisuus	Asfalttityyppi	Luokka	Vaatus	Menetelmä
ITSR- tarttuvuusluku suhteituksen mukaisella massalla	AB, SMA	ITSR ₈₀	≥ 80 %	SFS-EN 12697-12, menetelmä B
	PAB-B	ITSR ₆₀	≥ 60 %	
MYR-arvo	PAB-V	bv _{2,0}	≤ 2,0 g	SFS-EN 12697-12, menetelmä C

Rakeisuuden ja sideainepitoisuuden sallitut poikkeamat asfalttimassan tuotannonaikaisessa laadunvalvonnassa

Taulukko 36. Rakeisuuden ja sideainepitoisuuden sallitut poikkeamat asfalttimassan tuotannonaikaisessa laadunvalvonnassa.

Ominaisuus	Suurin sallittu poikkeama tavoitekoostumuksesta prosenttiyksiköinä		
	Kaikki kulutuskerrokset (paitsi VA). Side- ja kantavan kerroksen hienorakeiset massat $D < 16 \text{ mm}$	Side- ja kantavan kerroksen karkearakeiset massat $D \geq 16 \text{ mm}$	Valuasfaltit
D	$-8 \dots +5$	$-9 \dots +5$	$-8 \dots +5$
$D/2$ tai karkea ohjeseula	± 7	± 9	± 8
2 mm	± 6	± 7	± 8
Hieno ohjeseula	± 4	± 5	—
0,063 mm	± 2	± 3	± 4
Sideainepitoisuus	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,5$

Massan lämpötilarajat asfalttiasemalla

Taulukko 40. Massan lämpötilarajat asfalttiasemalla.

Bitumin luokka	Lämpötila °C *)
KB	170 – 200
35/50	160 – 200
50/70	150 – 190
70/100	140 – 180
100/150, 160/220	130 – 170
250/330, 330/430	120 – 160
500/650	110 – 150
650/900	110 (70) **) - 140
V 1500	(40) **) - 120
V 3000	(50) **) - 120

*) SMA-massat sekoitetaan 20 °C korkeammissa lämpötiloissa kuin taulukossa 40 on esitetty. Valuasfalttimassan maksimilämpötila on tavanomaista bitumia käytettäessä 230 °C ja kumibitumia käytettäessä 200 °C. Lyhytaikaisesti (≤ 1 h), välittömästi ennen levitystä sallitaan tavanomaista bitumia sisältävälle valuasfaltille lämpötila 240 °C ja kumibitumia sisältävälle vastaavasti 210 °C.

**) Hörylämmitys. Alhaisempia sekoituslämpötiloja voidaan käyttää hörylämmityksen yhteydessä, jos esikokein varmistetaan sekoitustuloksen ja tarttuvuuden onnistuminen.

Tieltä otettujen massanäytteiden sideainepitoisuuden ja rakeisuuden sallitut poikkeamat

Taulukko 41. Tieltä otettujen massanäytteiden sideainepitoisuuden ja rakeisuuden (SFS-EN 12697-1 tai 12697-39) sallitut poikkeamat eri suhteitusluokissa (A - D).

Ominaisuus	Yksikkö	Yksittäinen näyte		Keskiarvo	
		A	B, C, D	A	B, C, D
Sideainepitoisuus	massa-%	± 0,4	± 0,5	± 0,2	± 0,3
8 tai 11 mm seulan läpäisy	massa-%	± 6	± 7	± 4	± 6
2 tai 4 mm seulan läpäisy	massa-%	± 4	± 6	± 3	± 5
0,5 mm seulan läpäisy	massa-%	± 3	± 5	± 2	± 4
0,063 mm seulan läpäisy	massa-%	± 2,0	± 2,0	± 2,0	± 3,0

Sallittu tyhjättila ajoradalla

Taulukko 42. Sallittu tyhjättila ajoradalla eri suhteitusluokissa A-D (SFS-EN 12697-8 tai PANK 4122 tai PANK 4123).

Päällyste	Tyhjättila V (til-%)					
	Yksittäinen näyte			Keskiarvo		
	A, B	C	D	A, B	C	D
AB 5 - 8		≤ 7,0	≤ 8,0		≤ 6,0	≤ 7,0
AB 11		≤ 6,0	≤ 7,0		≤ 5,0	≤ 6,0
AB 16 – 20	≤ 5,0	≤ 5,0	≤ 6,0	1,0 - 4,0	≤ 4,0	≤ 5,0
SMA 5 - 20	≤ 6,0	≤ 6,0		2,0 - 5,0	≤ 5,0	
ABS 16 - 20	≤ 5,0			1,0 - 4,0		
ABK 20 - 32	≤ 8,0	≤ 8,0	≤ 8,0	≤ 7,0	≤ 7,0	≤ 7,0
AA 11 - 16	17 - 25			17 – 25		

Uuden päällysteen kitkavaatimukset

Taulukko 43. Uuden päällysteen kitkavaatimukset (mittausmenetelmä PANK 5201, sivukitka, märkä pinta).

Nopeusrajoitus (km/h)	Sivukitkakerroin (keskiarvo 1 m matkalta)
≤ 80	$\geq 0,4$
> 80	$\geq 0,5$

Uuden päällysteen tasaisuusvaatimukset

Taulukko 44. Uuden päällysteen IRI4- ja IRI-tasaisuusvaatimukset pituussuunnassa (PANK 5207).

Päällystetyyppi	Suurin sallittu epätasaisuus (mm/m)					
	Mo- ja Mol-tiet		Muut 2-ajorataiset sekä valta- ja kantatiet		Muut yleiset tiet	
	IRI4	IRI	IRI4	IRI	IRI4	IRI
AB, VA	1,0	1,4	1,1	1,6	1,2	1,8
SMA, AA	1,1	1,4	1,1	1,6	1,2	1,8
PAB-B			1,2	1,6	1,3	1,8
PAB-V			1,3	1,6	1,4	1,8
ABS, ABK	1,3	1,7	1,4	1,9	1,5	2,1

Suurin sallittu epätasaisuus pituus- ja poikkisuunnassa 3 m oikolaudalla

Taulukko 45. Suurin sallittu epätasaisuus pituus- ja poikkisuunnassa 3 m oikolaudalla (SFS-EN 13036-7).

Rakenne	Suurin sallittu epätasaisuus (mm)	
	Tiet ja kadut	Erityisliikennealueet
Kulutuskerros, kun sen alusta on sidottu ja tasattu	4	8
Kulutuskerros muulloin ja sidekerros sekä tasauserros	6	12
Kantava kerros, sidottu	8	20

Uuden päällysteen sivu- ja viettokaltevuuden vaatimuksetSUOSITUS

Ajoradoilla ja erityisliikennealueilla on suositeltavaa noudattaa taulukon 47 mukaisia minimisivu- tai -viettokaltevuuksia.

Taulukko 47. Uuden päällysteen suositeltavat pienimmät sivukaltevuudet ajoradoilla ja viettokaltevuudet erityisliikennealueilla.

Asfalttityyppi	Sivu/viettokaltevuus (%)		
	Ajoradat ja pientareet suoralla	Kevyen liikenteen väylät	Erityisliikenne- alueet
AB, SMA, PAB-B, PAB-V, AA	3,0	2,5	2,0
VA	3,0	2,0	1,5

Poranäytteiden kulumiskestävyydet

Taulukko 49. Tieltä porattujen näytteiden kulumiskestävyyssuokat (SFS-EN 12697-16 A).

PRALL -kulumisluokka	Prall-arvo Abr_A (ml)
I	≤ 22
II	≤ 30
III	≤ 38
IV	≤ 46

Taulukko 50. Tieltä porattujen näytteiden kulumiskestävyyssuokat, kun käytetään modifioitua sideainetta (SFS-EN 12697-16 B). Tutkittavan näytteen paksuuden tulee olla vähintään 50 mm.

SRK-kulumisluokka	SRK-kuluma Abr_B (ml)
I_{SRK}	≤ 28
II_{SRK}	≤ 37
III_{SRK}	≤ 46
IV_{SRK}	≤ 55

Tieltä porattujen näytteiden deformaatioluokat*Taulukko 51. Tieltä porattujen näytteiden deformaatioluokat*

Deformaatio- Luokka	Pysyvä muodonmuutos ε_n (%) SFS-EN 12697-25 A
I	$\leq 2,0$
II	$\leq 3,5$
III	$\leq 5,0$

Allianssiurakan murskeiden rakeisuuskäyrä



PANK- hyväksytty testausorganisaatio

Yksittäisen näytteen tiedot

Näyttenumero : 195

30.1.2017

Sivu: 2 / 2

Tilaaaja: JJ Kaivin ja Kallio
 Murskausurakka: Destia kasa1
 Urakoitsija: Vantaa
 Murskauspaiikka: KaM 0/56.
 Murskeen nimi:

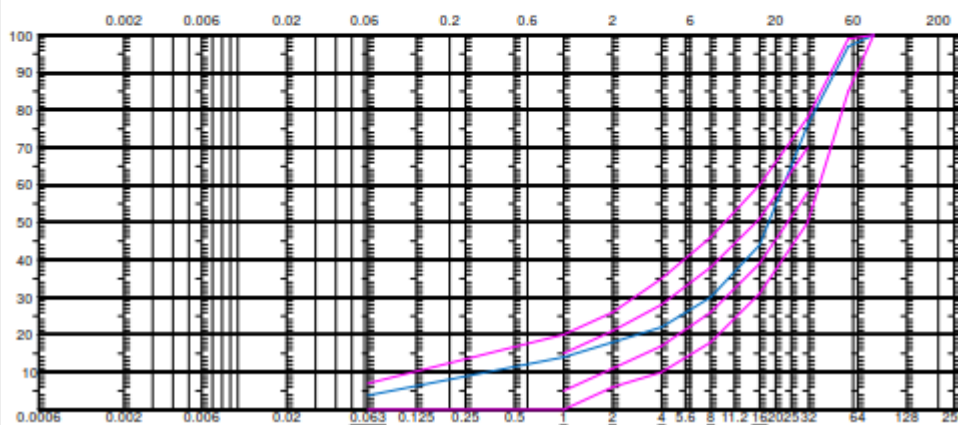
Tutkim.pvm: 30.01.2017
 Työnum: Kello
 Työnimi: Ark.numero
 Ottoaika: 27.01.2017 Klo 14.00

Rakeisuus (SFS-EN 933-1)

Seulontatapa: Pesuseulonta

Seula [mm]	Rajakäyrä: Sisä		
125			100
80			100
56			97
31.5	58	70	76*
16	39	51	44
8	26	38	30
4	17	28	22
2	11	21	18
1	5	15	14
0.063			3.8

Vesipitoisuus(SFS-EN 1097-5):
 Litteysluku(SFS-EN 933-3):
 Kinttiheys(SFS-EN 1097-6):
 Murtopintaisuus(SFS-EN 933-5):
 Humuspitoisuus(PANK 2106):
 Kuulamyly(SFS-EN 1097-9):
 Los Angeles(SFS-EN 1097-2):
 Sideainepit:



Sideaineen laatuvaatimukset

2. Sideaineen laatuvaatimukset

Bitumiluokka		Menetelmä	70/100	100/150	160/220
Tunkeuma, 25 °C	0,1 mm	SFS-EN 1426	70-100	100-145	160/220
Pehmenemispiste	°C	SFS-EN 1427	43,0-51,0	39,0-47,0	35,0-43,0
Dynaaminen viskositeetti, 60 °C	Pas	SFS-EN 12596	≥ 120	≥ 80	≥ 40
Kinemaattinen viskositeetti, 135 °C	mm ² /s	SFS-EN 12595	≥ 260	≥ 215	≥ 165
Murtumispiste, Fraass	°C	SFS-EN 12593	≤ -10	≤ -12	≤ -15
Leimahduspiste, COC	°C	SFS-EN ISO 2592	≥ 230	≥ 230	≥ 220
Liukoisuus tolueeniin	m-%	SFS-EN 12592	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0
Ohutkalvokoe, RTFOT		SFS-EN 12607-1			
- massan muutos	± m-%		≤ 0,4	≤ 0,5	≤ 0,6
- jäännöstunkeuma	%		≥ 46	≥ 43	≥ 37

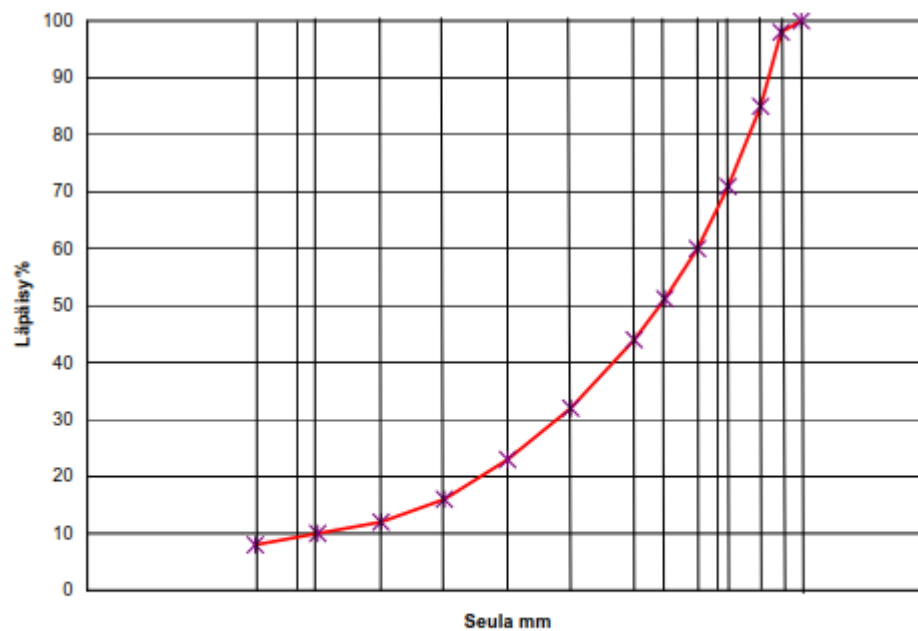
AB 20 suhteutuksen tavoitekäyrä



AB 20 SUHTEITUKSEN TAVOITEKÄYRÄ

Rakeisuus # mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	20	25	31,5
Läpäisy %	8	10	12	16	23	32	44	51,2	60	70,9	85	98	100	100

AB20



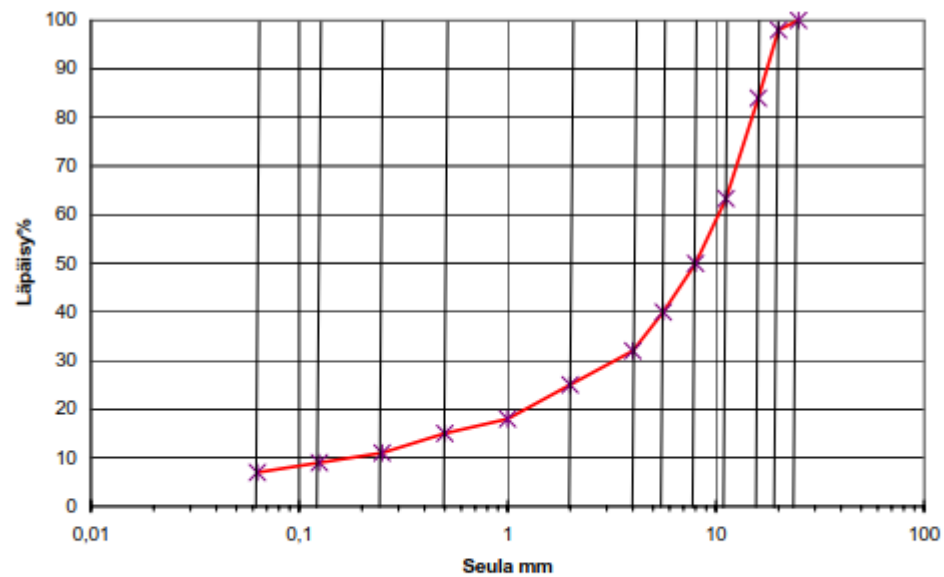
ABS 20 suhteutuksen tavoitekäyrä



ABS 20 SUHTEITUKSEN TAVOITEKÄYRÄ

Rakeisuus # mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	20	25	31,5
Läpäisy %	7	9	11	15	18	25	32	40	50	63,3	84	98	100	100

ABS20

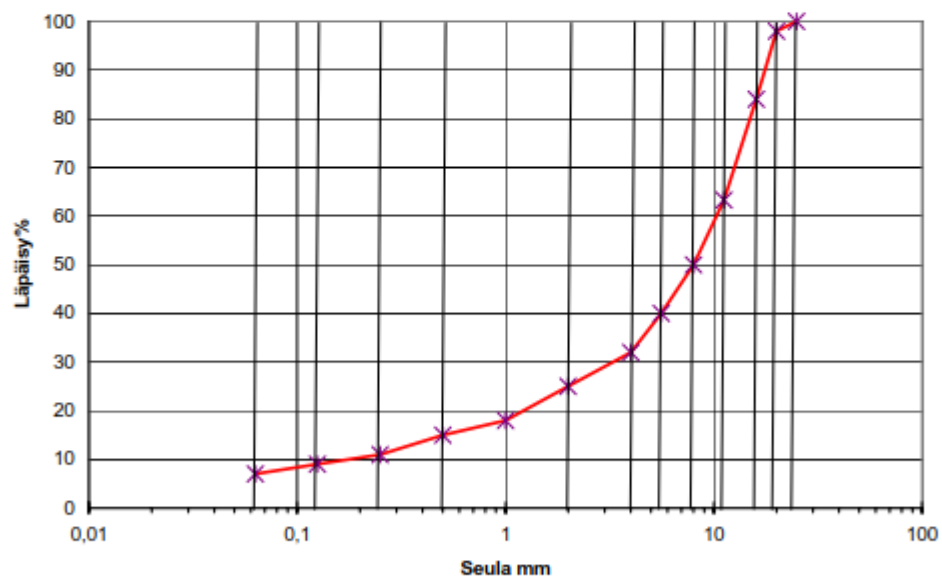


ABK 25 suhteituksen tavoitekäyrä



ABK 25 SUHTEITUKSEN TAVOITEKÄYRÄ

Rakeisuus # mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	20	25	31,5
Läpäisy %	6	7	10	14	18	24	32	37,6	49	60,7	82	95	99	100



Suhteutusohjeet lentoasemalla käytettävään asfalttimassaan**3.3. Suhteutusohje sidekerros (ABS22 ja KBABS22)****Marshall-suhteutusohjeet**

- optimisideainepitoisuus	5.3 – 5,8 %
- stabiliteetti	>8,0 kN
- flow	<4,0 mm
- tyhjätila (kiitoteillä)	2 - 4 %
- tyhjätila (asematasoilla ja rullausteillä)	1 - 2 %
- kiviaineksen tyhjätila (KAT)	>16 %
- täyttöaste (TA)	70 - 80 %

Työnaikainen sallittu vaihteluväli verrattuna suhteutukseen

Kiviainekset: (massanäytteistä)

- läpäisy 11,2 mm seula	$\pm 5 \%$
- läpäisy 4 mm seula	$\pm 5 \%$
- läpäisy 0,5 mm seula	$\pm 4 \%$
- läpäisy 0,063 mm seula	$\pm 2 \%$
- sideainepitoisuus	$\pm 0,3 \%$

Poratuista päällystenäytteistä

- tyhjätila (kaistalla ja saumassa)	$\pm 1 \%$
- kiviaineksen tyhjätila	$\pm 5 \%$
- stabiliteetti	>6,75 kN
- flow	<4,0 mm

Rosteriputkien laatuvaatimukset

12. RST-putkien laatuvaatimukset

RST sähköjohdon suojaputki 32x1,5 mm, 1.4301 AISI 304:

- HF-hitsattu, hehkutettu, peittaamaton
- sisäsauma poistettu (-0,1/0,2mm)
- ulkosauma työstetty

RST putkien jatkokset 1.4301 Putki 10217-7 35 x 1,2 x 150 mm (-0/+2 mm)

- T.I.G. Welded S. Steel tubes annealed
- 304L(wst. 1.4307/1.14301/AISI 304L/304
- Surface: Bright annealed
- EN 10217-7 TC1
- toleranssit ISO 1127 D4 / ISO 1127 T3 mukaisesti.

RST-putket on toimitettava työmaalle pakattuna vaihtolavajalalliseen merikonttiin.
Max 5 km/kontti

Huom: Putken pituus tilattaessa poikkeuksellisesti 5800 mm (EI 6000 mm !!!)

Toimittaja suomessa esim. Kimet Oy: Nurmijärvi

Puristuslujuuden tunnistusehdot

Testaustulosten lukumäärä [kpl] betonierää kohti	Ehto 1 Testaustulosten keskiarvo f _{cm} [MN/m ²]	Ehto 2 Yksittäinen testaustulos f _{ci} [MN/m ²]
1	Ei käytetä	> K - 4
2...4	> K + 1	> K - 4
5...6	> K + 2	> K - 4

Pohjamaan kantavuusluokat

Liite T1 Pohjamaa

Liite:T1. Pohjamaan kantavuusluokitus.

Maalaji	Tarkennus	Lyhennys	Luokka
Kallio	kallio louhe ¹⁾ murske ¹⁾	Ka Lo M	A
Kivet ¹⁾		Ki	A
Sora		Sr	B
Soramoreeni	routimaton routiva ²⁾	rton SrMr SrMr	C E (F) ⁴⁾
Hiekka	routimaton karkea routimaton keskik. routimaton hieno routiva keskik. routiva hieno	rton kaHk rton keH krtion hHk keHkh Hk	C D D (E) ⁴⁾ E E (F) ⁴⁾
Hiekkamoreeni	routimaton routiva ²⁾	rton HkMr HkMr	D (E) ⁴⁾ E (F) ⁴⁾
Siltti Silttimoreeni		Si SiMr	F (G ⁴⁾ , E ⁵⁾
Savi	kuivakuori (h ≥ 1 m) sitkeä (Su ≥ 25 kN/m ²) ³⁾ pehmeä (Su < 25 kN/m ²) ³⁾	kuivak. Sa Sa Sa	E F (E) ⁵⁾ G
Lieju Turve		Lj Tv	G
Kantavuus	A = 300 MN/m ² B = 200 MN/m ² (150...280) C = 100 MN/m ² (70...150) D = 50 MN/m ² (35...70) E = 20 MN/m ² (15...35) F = 10 MN/m ² (5...15) G = 5 MN/m ²		

Alusrakenteen kantavuus arvioidaan normaalisti pohjamaan maalajin perusteella. Jos pengertäytteen paksuus on vähintään 1 m, käytetään pengertäytteen kantavuusluokkaa. Jos pengertäytteen paksuus on alle 1 m, alusrakenteen kantavuus voidaan laskea, kun E-moduuliksi valitaan pengertäytteen kantavuusluokkaa vastaava kantavuus. Myös muut alusrakenteen pinnassa olevat varsinaista pohjamaata paremmin kantavat maakerrokset rinnastetaan tässä suhteessa pengertäytteeseen.

Huomautukset

¹⁾ Routiva murske sekä routivaa maata sisältävä louhe ja kivet rinnastetaan vastaavaan routivaan maalajiin.

²⁾ Kantavuudeksi voidaan valita 35 MN/m², jos kyseessä on kuiva penger tai jos hienoaainespitoisuus on enintään 20 % ja paikka ei ole märkä (ks. huomautus 4).

³⁾ Siipikairauksella todettu suljettu leikkauslujuus.

⁴⁾ Suluissa olevaa kantavuusluokkaa käytetään, kun maa-aines on märkää lopullisessa alusrakenteessa eli pohjaveden etäisyys alusrakenteen pinnasta on alle 1 m tai paikkaan kerääntyy pintavesiä.

⁵⁾ Penkereessä kuivana.